Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan
Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah
Republik Indonesia

Naskah Akademik

PEMBELAJARAN KODING DAN KECERDASAN ARTIFISIAL

Pada Pendidikan Dasar dan Menengah

Februari, 2025

Naskah Akademik

PEMBELAJARAN KODING DAN KECERDASAN ARTIFISIAL

Pada Pendidikan Dasar dan Menengah

Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan
Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah
Republik Indonesia

Februari, 2025

Naskah Akademik
Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial Pada Pendidikan Dasar dan Menengah

Pengarah Utama
Prof. Dr. Abdul Mu'ti, M.Ed., Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah

Pengarah
Ir. Suharti, M.A., Ph.D., Sekretaris Jenderal
Prof. Dr. Toni Toharudin, S.Si., M.Sc., Plt. Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan
Dr. Muhammad Muchlas Rowi, S.F,. S.H., M.M., Staf Khusus Menteri Bidang Transformasi Digital dan Kecerdasan Artifisial
Arif Jamali, S.Pd, M.Pd., Staf Khusus Menteri Bidang Pembelajaran dan Sekolah Unggul
Ir. Moch. Abduh, MS.Ed., Ph.D., Staf Ahli Menteri Bidang Teknologi Pendidikan

Penanggung Jawab
Dr. Muhammad Yusro, S.Pd., M.T., Sekretaris Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan
Dr. Laksmi Dewi, M.Pd., Kepala Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Irsyad Zamjani, M.Si., Ph.D., Kepala Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan

Tim Penyusun
Dr. Stephanie Riady, B.A., M.Ed., Yayasan Pendidikan Pelita Harapan
Dorita Setiawan, Ph.D, Yayasan Pendidikan Pelita Harapan
Dr. Ismah, MSi, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Dr.Eng. Ayu Purwarianti, S.T, M.T., Institut Teknologi Bandung
Dr. H. Asep Jihad, M.Pd. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung
Ratna Syifa'a Rachmahana, S.Psi., M.Si., Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
Ali Audah, MA, Universitas Indonesia Mandiri Lampung
Dr. Izzatusholekha, S.Sos., M.Si., Universitas Muhammadiyah Jakarta
Muhaemin, S.Kom, SH, MM,M.Kom., LSP Informatika, Universitas Siber Asia
Thomhert Suprapto Siadari, Ph.D., Universitas Telkom
Ahmad Syahid Zakaria, Ruangguru
Septiaji Eko Nugroho, S.T, M.Sc., MAFINDO
Budi Rahayu, M.Kom., SMA Negeri 1 Indramayu, Federasi Guru TIK dan KKPI Nasional
Jumail, B.Sc., M.Sc., Tim SKM Bidang Transformasi Digital dan Kecerdasan Artifisial
Deni Irawan, S.Sos., Tim SMK Bidang Transformasi Digital dan Kecerdasan Artifisial
Nurvelly Rosanti, S.T., M.Kom., Tim SKM Bidang Transformasi Digital dan Kecerdasan Artifisial
Maruf Mutaqin, S.M., Tim SKM Bidang Transformasi Digital dan Kecerdasan Artifisial
Muhammad Taufan Agasta, S.T., M.T., Tim SKM Bidang Transformasi Digital dan Kecerdasan Artifisial
Dr. Yogi Anggraena, M.Si., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Dr. Fathur Rohim, Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Dr. Iip Ichsanudin, M.A., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Dr. Taufiq Damarjati, M.T., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Lukman Solihin, S.Ant., M.A., Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan
Bakti Utama, S.Ant., M.A., Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan

Diyan Nur Rakhmah, S.Sos., M.A., Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan
Esy Andriyani, S.I.Kom., Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan
Ika Hijriani, S.Psi., Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan
Buma Aeri Argeswara, A.Md., Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan
Medira Ferayanti, S.S., M.A., Direktorat Kepala Sekolah, Pengawas Sekolah, dan Tenaga Kependidikan
Jatnika Hermawan, S.Si., M.Si., Direktorat Guru Pendidikan Dasar
Muhammad Noor Ginanjar Jaelani, S.Pd., Direktorat Sekolah Dasar
Dra. Ninik Purwaning Setyorini, M.A., Direktorat Sekolah Menengah Pertama
Rina Imayanti, S.Si., M.Ak., Direktorat Sekolah Menengah Atas
Muhamad Habib, S.ST., Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan

Tim Penelaah
Prof. Dr. Sri Astuti, M.Pd., Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA
Prof. Dr. Arif Hidayat, M.Si., PhD Ed., Universitas Pendidikan Indonesia
Prof. Dr. Ir. Eko K. Budiardjo M.Sc., Universitas Indonesia
Adi Cilik Pierewan, Ph.D., Universitas Negeri Yogyakarta
Abdul Mukti, SD Negeri Ciracas 06 Pagi
Indra Budi Aji, SMP Negeri 11 Tambun Selatan
Tri Mardianti, SMA Negeri 1 Kadipaten
Nur Aini Aisyiah, SMK Negeri 2 Tuban

Kontributor
Arie Tristiani, S.Pd, M.A., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Nina Purnamasari, S.H. M.Ak., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Dwi Setiyowati, S.Si., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Fera Herawati, S.Si., M.Si., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Prayoga Rendra Vendiktama, S.Pd., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Eskawati Musyarofah Bunyamin, S.Si, M.Pd., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran
Fijar Hafiizh, S.E., Pusat Kurikulum dan Pembelajaran

Penata Letak
Tim Kreatif Pusat Kurikulum dan Pembelajaran

Penerbit
Pusat Kurikulum dan Pembelajaran & Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan
Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan
Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia

Februari, 2025

Kata Pengantar

Puji syukur kami persembahkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Naskah Akademik Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial (Koding dan KA) ini dapat kami selesaikan dengan baik. Naskah akademik ini hadir sebagai wujud tanggung jawab kami terhadap tantangan pendidikan Indonesia yang makin kompleks pada era yang penuh dengan ketidakpastian dan dinamika global yang berubah cepat.

Pembelajaran Koding dan KA dirancang untuk memberikan dampak positif kepada peserta didik, seperti kemampuan berpikir logis dan analitis. Kedua bidang tersebut diharapkan tidak hanya menumbuhkan keterampilan dalam menyelesaikan persoalan dan kesiapan dalam pemanfaatan teknologi, tetapi juga mengembangkan pemahaman mendalam mengenai tanggung jawab etis.

Naskah ini disusun sebagai landasan akademik untuk mendukung implementasi Pembelajaran Koding dan KA di Indonesia dalam rangka menciptakan ekosistem pendidikan yang kondusif dan berdaya saing global. Proses penyusunannya melibatkan berbagai pihak, dari akademisi hingga praktisi, serta pemangku kepentingan di bidang pendidikan dan teknologi. Kajian literatur yang mendalam dan diskusi terfokus telah menghasilkan berbagai teori, konsep, dan strategi implementasi yang komprehensif.

Dalam naskah ini, kami juga menekankan pentingnya peran guru, pendidik, dan praktisi teknologi dalam menciptakan ekosistem pembelajaran yang kolaboratif, berbasis teknologi, serta mampu mengembangkan potensi peserta didik secara optimal.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi ide, saran, serta tenaga dalam penyusunan naskah ini. Semoga naskah ini dapat menjadi panduan yang bermanfaat bagi seluruh pihak yang berperan dalam menciptakan pendidikan yang berkualitas dan merata untuk semua, serta mendorong tercapainya transformasi pendidikan Indonesia yang lebih modern dan relevan dengan kebutuhan global.

Kami menerima saran dan masukan untuk memperkaya naskah ini. Semoga upaya bersama ini menjadi langkah awal yang signifikan dalam mewujudkan transformasi pendidikan Indonesia yang lebih bermutu dan relevan.

Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah

Prof. Dr. Abdul Mu'ti, M.Ed

Daftar Isi

Kata Pengantar v
Daftar Isi vii
Ringkasan Eksekutif ix

1. Pendahuluan 1
A. Latar Belakang 2
B. Tujuan dan Manfaat 7
C. Ruang Lingkup 8

2. Landasan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial 9
A. Landasan Filosofis dan Pedagogis 10
B. Landasan Sosiologis 13
C. Landasan Yuridis 16
D. Landasan Empiris 18

3. Koding dan Kecerdasan Artifisial Dalam Pendidikan 21
A. Konsep Koding dan Kecerdasan Artifisial 23
B. Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial 26
C. Praktik Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di Berbagai Negara 32
D. Praktik Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di Indonesia 41
E. Tantangan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di Indonesia 42

4. Arah Kebijakan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial 49
A. Kurikulum 50
B. Kualifikasi dan Kompetensi Guru 69
C. Strategi Penerapan Kebijakan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial 71

5. Kesimpulan dan Rekomendasi 81
Kesimpulan 82
Rekomendasi 82

Daftar Pustaka 85

Ringkasan Eksekutif

Pemanfaatan teknologi seperti kecerdasan artifisial (AI), mahadata (*big data*), dan *Internet of Things* (IoT) makin mendominasi berbagai sektor. Digitalisasi telah mengubah cara manusia bekerja, berkomunikasi, dan memecahkan masalah. Agar setiap anak memiliki kesempatan yang sama untuk menghadapi tantangan ini, sistem pendidikan perlu memastikan bahwa literasi digital, termasuk pembelajaran koding dan kecerdasan artifisial, menjadi bagian dari kurikulum. Dengan demikian, pendidikan yang bermutu dapat diakses oleh semua peserta didik, tanpa terbatas pada daerah atau latar belakang tertentu.

Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial (KA) bukan sekadar tren, melainkan kebutuhan dalam dunia pendidikan modern. Integrasi Koding dan KA dalam pendidikan tidak hanya untuk meningkatkan literasi digital dan kemampuan penyelesaian masalah, tetapi juga mengajarkan berbagai keterampilan esensial yang mencakup berpikir komputasional, analisis data, algoritma pemrograman, etika KA, *human-centered mindset*, *design system* KA, dan teknik KA. Berpikir komputasional mengajarkan peserta didik untuk menyelesaikan masalah secara sistematis dan efisien dengan melakukan proses dekomposisi (memecah masalah besar menjadi bagian kecil), dan pengenalan pola, abstraksi, serta algoritma yang membantu peserta didik memahami dan menangani tantangan digital. Dengan ekosistem pembelajaran yang inklusif dan berkeadilan, pendidikan di Indonesia diharapkan tidak hanya mampu mencetak generasi yang berdaya saing tinggi, tetapi juga memastikan bahwa tidak ada anak yang tertinggal dalam memperoleh akses pendidikan berkualitas.

Urgensi integrasi Koding dan KA dalam pendidikan makin meningkat seiring dengan perkembangan Industri 4.0 dan 5.0, yang menuntut sumber daya manusia unggul dengan pemahaman dan keterampilan digital yang kuat. Tanpa literasi digital dan kemampuan di bidang teknologi digital yang memadai, generasi muda akan menghadapi kesulitan dalam bersaing di dunia kerja yang makin berbasis teknologi. Oleh karena itu, integrasi Koding dan KA dalam kurikulum sekolah bukan sekadar inovasi, melainkan kebutuhan fundamental dalam membangun sumber daya manusia yang unggul dan adaptif terhadap perubahan zaman. Pemerintah, sekolah, industri, dan masyarakat perlu bersinergi dalam menciptakan ekosistem pendidikan yang kondusif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan keterampilan sehingga banga Indonesia tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga produsen inovasi yang mampu bersaing di tingkat global.

Pembelajaran koding dan KA tidak hanya meningkatkan literasi digital, tetapi juga membangun keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan pemecahan masalah—keterampilan esensial dalam dunia yang terus berubah. Pendidikan yang bermutu harus memberikan kesempatan bagi semua peserta didik, baik di perkotaan maupun di daerah terpencil, untuk memahami prinsip dasar teknologi dan menggunakannya sebagai alat pemberdayaan. Dengan demikian, mereka tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga dapat berperan sebagai inovator yang menciptakan solusi bagi tantangan di sekitar mereka.

Namun, pendidikan yang berkualitas tidak hanya berfokus pada penguasaan teknologi, tetapi juga pada kesadaran etis dalam penggunaannya. KA dan sistem otomatisasi membawa tantangan tersendiri, seperti keamanan data, bias algoritma, dan dampak sosial yang lebih luas. Oleh karena itu, pembelajaran koding dan KA perlu dilengkapi dengan pendidikan etika digital sehingga peserta didik tidak hanya memiliki keterampilan teknis, tetapi juga pemahaman kritis dalam mengembangkan dan menerapkan teknologi secara bertanggung jawab. Dengan pendekatan ini, pendidikan bermutu benar-benar dapat diakses oleh semua, membekali setiap anak dengan kemampuan untuk bersaing dan berkontribusi dalam dunia yang makin terdigitalisasi.

Arah kebijakan pembelajaran Koding dan KA dirancang untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan era digital. Kurikulum Koding dan KA dikembangkan berdasarkan Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, yang menekankan penyesuaian dengan kebutuhan peserta didik, perkembangan zaman, dan tujuan pendidikan. Kurikulum ini mencakup kompetensi yang harus dikuasai peserta didik di setiap jenjang, mulai dari SD hingga SMA/SMK, dengan fokus pada berpikir komputasional, literasi digital, algoritma pemrograman, analisis data, dan etika KA. Pembelajaran Koding dan KA dapat diterapkan melalui intrakurikuler, kokurikuler, atau ekstrakurikuler, dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan politis.

Pembelajaran Koding dan KA bertujuan untuk mengembangkan kompetensi peserta didik sesuai tahapan perkembangannya. Referensi seperti *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers* (2018), *CSTA K-12 Computer Science Standards* (2017), dan *UNESCO AI Competency Framework for Students* (2024) menjadi dasar pengembangan kurikulum. Tahapan penguasaan kompetensi dibagi berdasarkan jenjang pendidikan, mulai dari kemampuan dasar, seperti pemecahan masalah sehari-hari di SD, hingga pembuatan program berbasis teks dan aplikasi KA di SMA/SMK. Penerapan pembelajaran Koding dan KA dapat dilakukan melalui beberapa opsi, yaitu sebagai mata pelajaran wajib, mata pelajaran pilihan, atau terintegrasi dengan mata pelajaran lain. Setiap opsi memiliki pertimbangan tersendiri, seperti ketersediaan guru, sarana prasarana, dan beban belajar peserta didik.

Pembelajaran Koding dan KA dapat menggunakan berbagai metode, seperti pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*), pembelajaran berbasis projek (*project-based learning*), pembelajaran inkuiri dan gamifikasi melalui pendekatan *internet-based, plugged*, dan *unplugged*. Media pembelajaran yang digunakan meliputi perangkat digital (komputer, laptop), platform digital, modul interaktif, serta alat nondigital seperti kartu dan papan. Kualifikasi dan kompetensi guru juga menjadi faktor penting, di mana guru perlu menguasai kompetensi profesional, pedagogik, kepribadian, dan sosial untuk mengajar Koding dan KA secara efektif.

Implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA dilakukan secara bertahap, dimulai dari sekolah-sekolah yang memiliki kesiapan infrastruktur dan tenaga pengajar. Program bimbingan teknis (bimtek) dan pelatihan guru diselenggarakan untuk meningkatkan kapasitas guru dalam mengajar Koding dan KA. Kemitraan *multi-stakeholders* melibatkan pemerintah, dunia industri, akademisi, komunitas, dan NGO/LSM untuk mendukung implementasi kebijakan ini. Pemantauan dan evaluasi dilakukan untuk menilai proses implementasi dan dampak kebijakan, dengan tujuan memastikan peningkatan kemampuan berpikir kritis dan komputasional peserta didik. Dengan sinergi antara berbagai pihak, pembelajaran Koding dan KA diharapkan dapat

menciptakan generasi muda yang siap menghadapi era digital dan Industri 4.0 serta Masyarakat 5.0.

Berdasarkan hasil kajian, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah perlu mengambil langkah-langkah strategis sebagai berikut:

1. Integrasi Koding dan KA dalam Kurikulum
    - Menetapkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan pada jenjang SD (kelas 5 dan 6), SMP (kelas 7, 8, dan 9), serta SMA/SMK (kelas 10) dengan alokasi waktu 2 jam pelajaran per minggu.
    - Untuk jenjang SMA kelas 11 dan 12, alokasi waktu dapat ditingkatkan hingga 5 jam pelajaran, sedangkan untuk SMK kelas 11 dan 12 hingga 4 jam pelajaran, menyesuaikan dengan struktur kurikulum yang berlaku.
    - Memberikan fleksibilitas bagi satuan pendidikan untuk tetap mengembangkan Koding dan KA dalam bentuk ekstrakurikuler atau mengintegrasikannya ke dalam mata pelajaran lain yang relevan.
2. Penguatan Regulasi dan Capaian Pembelajaran
    - Melakukan revisi regulasi terkait struktur kurikulum guna mencantumkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan di setiap jenjang.
    - Menyusun dan menyesuaikan capaian pembelajaran untuk mata pelajaran Koding dan KA agar selaras dengan capaian pembelajaran Informatika.
3. Pengembangan Sumber Belajar dan Pelatihan Guru
    - Mengembangkan buku teks utama dan bahan ajar untuk mata pelajaran Koding dan KA.
    - Melaksanakan pelatihan intensif bagi guru SD yang berpotensi mengampu mata pelajaran Koding dan KA.
    - Menyelenggarakan pelatihan bagi guru Informatika di SMP, SMA, dan SMK terkait pembelajaran Koding dan KA.
    - Mengoptimalkan pemanfaatan *Learning Management System* (LMS) untuk pelaksanaan pelatihan guru secara luas dan berkelanjutan.
4. Sertifikasi dan Penguatan Kompetensi Guru
    - Menyediakan program sertifikasi bagi guru Koding dan KA guna meningkatkan kompetensi dan profesionalisme.
    - Melakukan revisi regulasi terkait kesesuaian mata pelajaran dengan sertifikasi guru, dengan menambahkan Koding dan KA sebagai bidang yang diakui.
5. Kolaborasi dan Pemantauan Program
    - Membangun kemitraan *multi-stakeholder* dengan berbagai pihak dalam pengembangan pembelajaran, pelatihan guru, serta kampanye literasi Koding dan KA.
    - Melaksanakan pemantauan dan evaluasi secara berkala terhadap seluruh aspek implementasi Koding dan KA guna memastikan efektivitas dan keberlanjutan program.

Rekomendasi di atas perlu diimplementasikan oleh masing-masing unit utama di Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah sesuai dengan tugas dan fungsinya untuk memastikan keberhasilan program secara optimal.

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Sistem pendidikan di Indonesia telah dijamin oleh negara sebagaimana tercantum dalam UUD 1945 Pasal 31, yang mengatur hak dan kewajiban warga negara dalam memperoleh pendidikan. Pendidikan berperan sebagai pilar utama pembangunan bangsa dengan tujuan mencerdaskan kehidupan bangsa, sebagaimana diamanatkan dalam Pembukaan UUD 1945. Landasan hukum utama yang mengatur sistem pendidikan adalah Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (UU Sisdiknas) yang mendefinisikan pendidikan sebagai usaha sadar dan terencana untuk menciptakan suasana belajar yang memungkinkan peserta didik mengembangkan potensi diri, baik dalam aspek spiritual, intelektual, maupun keterampilan hidup. Dengan demikian, sistem pendidikan nasional tidak hanya menekankan pada kecerdasan akademik, tetapi juga membangun karakter dan keterampilan yang relevan bagi peserta didik dengan kebutuhan masyarakat, bangsa, dan negara.

Indonesia melalui Undang-Undang No. 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) telah mencanangkan pengembangan sumber daya manusia yang unggul dan berdaya saing dalam menghadapi tantangan global, termasuk dalam aspek digitalisasi. Kemampuan digital menjadi krusial dalam era Revolusi Industri 4.0 dan Masyarakat 5.0, di mana teknologi seperti Kecerdasan Artifisial (*Artificial Intelligence/AI*), mahadata (*big data*), dan *Internet of Things* (IoT) makin mendominasi berbagai sektor (Schwab, 2016; Fukuyama, 2018). Dalam konteks RPJPN, maka penguatan literasi digital di berbagai jenjang pendidikan diperlukan untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi. Selain itu, kemampuan digital juga berperan dalam mendukung transformasi ekonomi digital, meningkatkan efisiensi layanan publik, serta mempercepat inovasi dalam berbagai bidang, tidak terkecuali pada bidang pendidikan (World Government Summit & McKinsey, 2022). Dengan demikian, peningkatan keterampilan digital tidak hanya membantu Indonesia menjadi lebih kompetitif di tingkat global, tetapi juga berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan dan pemerataan akses teknologi di seluruh wilayah Indonesia (World Economic Forum, 2023).

Seiring dengan perkembangan zaman, tantangan dalam sistem pendidikan nasional terus meningkat, terutama dalam menghadapi perubahan sosial, ekonomi, dan teknologi (OECD, 2023). Oleh karena itu, evaluasi regulasi, pembaruan kurikulum, dan penguatan infrastruktur pendidikan menjadi langkah krusial agar sistem pendidikan mampu menjawab kebutuhan generasi mendatang serta mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, pemerintah telah merancang strategi pembangunan melalui Asta Cita, Program

Hasil Terbaik Cepat (PHTC) atau *Quick Win*, dan Program Prioritas Presiden, yang menjadi landasan kebijakan untuk memastikan transformasi pendidikan berjalan efektif. Salah satu inisiatif utama dalam implementasi strategi ini adalah penguatan literasi digital, koding, dan kecerdasan artifisial (KA) dalam kurikulum pendidikan dasar dan menengah. Program ini tidak hanya bertujuan meningkatkan daya saing sumber daya manusia Indonesia di tingkat global, tetapi juga mendukung percepatan pembangunan ekosistem ekonomi digital yang inklusif dan berkelanjutan.

Pembelajaran koding dan kecerdasan artifisial (KA) memiliki kaitan erat dengan konsep Asta Cita, delapan tujuan strategis nasional yang ingin dicapai oleh Pemerintah Indonesia. Asta Cita keempat berbunyi: “Memperkuat pembangunan sumber daya manusia (SDM), sains, teknologi, pendidikan, kesehatan, prestasi olahraga, kesetaraan gender, serta penguatan peran perempuan, pemuda, dan penyandang disabilitas.” Sementara Asta Cita kelima berbunyi: “Melanjutkan hilirisasi dan industrialisasi untuk meningkatkan nilai tambah di dalam negeri.” Integrasi pembelajaran koding dan KA dalam pendidikan memungkinkan pemanfaatan teknologi secara optimal untuk mendukung pembangunan nasional. Dalam aspek penguatan sumber daya manusia (SDM) berkualitas, pembelajaran ini mengembangkan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreatif, dan kemampuan pemecahan masalah, serta penguasaan literasi dasar yang sejalan dengan upaya meningkatkan daya saing global (Ananiadou & Claro, 2009). Dari sisi ekonomi berkelanjutan, kemampuan dalam koding dan KA membuka peluang ekonomi baru, mendukung inovasi, dan mendorong pertumbuhan industri digital, sehingga memungkinkan generasi muda berkontribusi pada ekonomi kreatif, sehingga merupakan kebutuhan dalam mempersiapkan masa depan peserta didik.

Lebih jauh, dalam konteks inovasi dan teknologi untuk pembangunan, pendidikan berbasis koding dan KA mencetak generasi inovator yang mampu berkontribusi pada penelitian serta pengembangan teknologi guna menyelesaikan berbagai tantangan sosial. Selain itu, aspek pemerataan akses pendidikan bermutu juga dapat diperkuat dengan program pembelajaran koding dan KA untuk memastikan semua peserta didik, tanpa memandang latar belakang sosial-ekonomi, memperoleh kesempatan belajar yang setara (Celik dkk., 2022; Kamalov, 2023). Tak kalah penting, penguatan identitas nasional tetap terjaga, karena teknologi dapat digunakan untuk mengangkat dan mempromosikan budaya lokal dalam konteks global. Dengan mengintegrasikan pembelajaran koding dan KA dalam sistem pendidikan yang mendukung Asta Cita, diharapkan generasi mendatang mampu menciptakan solusi inovatif menghadapi tantangan nasional, mendorong kesejahteraan sosial-ekonomi, serta memperkuat posisi Indonesia sebagai negara inovatif di kancah global.

Dalam mendukung kebijakan layanan pendidikan bermutu untuk semua, Program Prioritas Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (Kemendikdasmen) telah dirancang untuk menjawab tantangan pendidikan di era digital. Fokus utama program ini mencakup penyediaan sarana dan prasarana yang memadai, peningkatan kualitas tenaga pendidik, serta pengembangan kurikulum yang lebih adaptif terhadap kebutuhan zaman. Selain itu, program ini juga menitikberatkan pada pemerataan akses pendidikan, termasuk layanan pendidikan inklusif bagi peserta didik dengan kebutuhan khusus, pembiayaan afirmatif bagi peserta didik dari keluarga kurang mampu, serta pembentukan lingkungan sosial-budaya yang mendukung proses pembelajaran. Dalam konteks pengembangan talenta unggul, pemerintah berupaya memberikan kesempatan yang lebih luas bagi peserta didik untuk mengembangkan minat dan bakat mereka di berbagai bidang, termasuk dalam literasi digital, koding, dan kecerdasan artifisial.

Kemendikdasmen menjadikan transformasi digital sebagai agenda utama dalam penguatan sistem pendidikan dasar dan menengah. Penguatan kurikulum berbasis teknologi, pelatihan bagi tenaga pendidik dalam pemanfaatan teknologi informasi, serta penyediaan akses infrastruktur digital menjadi langkah strategis yang diambil untuk memastikan kesiapan peserta didik dalam menghadapi tantangan masa depan. Salah satu inovasi yang didorong adalah pemanfaatan kecerdasan artifisial untuk personalisasi pembelajaran, memungkinkan pengalaman belajar yang lebih sesuai dengan kebutuhan individu. Dengan ekosistem pembelajaran yang inklusif dan berkeadilan, pendidikan di Indonesia diharapkan tidak hanya mampu mencetak generasi yang berdaya saing tinggi, tetapi juga memastikan bahwa tidak ada anak yang tertinggal dalam memperoleh akses pendidikan berkualitas.

Melihat keberhasilan negara-negara seperti Singapura, India, Tiongkok, Australia, dan Korea Selatan dalam mengintegrasikan pembelajaran koding dan KA ke dalam sistem pendidikan mereka, Indonesia perlu mengambil langkah strategis agar tidak tertinggal dalam revolusi digital global. Upaya ini dapat dimulai dengan mengadaptasi kurikulum berbasis teknologi, memberikan pelatihan intensif bagi tenaga pendidik, serta memastikan pemerataan akses terhadap infrastruktur digital di seluruh daerah. Selain itu, pendekatan pembelajaran berbasis projek (*Project-Based Learning/PBL*) yang telah diterapkan di berbagai negara dapat diadopsi untuk mendorong kreativitas dan inovasi peserta didik dalam memecahkan masalah penggunaan teknologi. Dengan merancang kebijakan yang sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan pendidikan di Indonesia, pembelajaran koding dan KA tidak hanya akan meningkatkan daya saing peserta didik di tingkat nasional maupun internasional, tetapi juga berkontribusi dalam menciptakan generasi yang siap

menghadapi tantangan industri masa depan.

Sebuah studi yang dilakukan oleh GitHub (2024) bersama dengan Keystone.AI dan Marco Iansiti, profesor dari Harvard Business School, mengungkapkan bahwa produktivitas pengembang kecerdasan artifisial dapat menyumbang lebih dari USD 1,5 triliun terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) global. Sementara, Indonesia masih menghadapi tantangan besar, termasuk kekurangan sekitar sembilan juta pekerja digital pada 2030. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah mendorong kerja sama antarsektor industri guna membuka lebih banyak peluang bagi talenta digital di tanah air. Laporan State of Octoverse GitHub 2024 menunjukkan bahwa komunitas pengembang di Indonesia tumbuh sebesar 23% dibandingkan tahun sebelumnya, menjadikan Indonesia sebagai negara dengan komunitas pengembang terbesar ketiga di kawasan Asia Pasifik, setelah India dan Tiongkok, dengan lebih dari 3,5 juta pengembang aktif di platform GitHub.

Pembelajaran koding dan KA telah diterapkan di berbagai negara maju maupun berkembang sebagai bagian dari upaya meningkatkan literasi digital dan keterampilan abad ke-21. Penerapan kedua aspek ini tidak hanya membuka peluang besar bagi peserta didik untuk memahami teknologi yang makin berkembang pesat, tetapi juga menghadirkan tantangan terkait ketersediaan sumber daya, kurikulum yang sesuai, serta kesiapan tenaga pendidik dalam mengajarkan materi tersebut secara efektif. Di Indonesia, pengembangan koding dan KA masih berada pada tahap awal dan baru mulai diintegrasikan oleh beberapa satuan pendidikan, terutama di sekolah-sekolah yang telah memiliki akses terhadap teknologi dan dukungan sumber daya yang memadai. Dengan perkembangan zaman yang makin mengarah pada digitalisasi di berbagai sektor, penerapan koding dan KA di dunia pendidikan diharapkan dapat terus berkembang dan menjangkau lebih banyak peserta didik, sehingga mereka memiliki bekal yang cukup untuk bersaing di era industri digital yang serba cepat dan inovatif.

Sejak 2020, berdasarkan survei Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) dan Katadata Insight Center, literasi digital di Indonesia menunjukkan peningkatan yang stabil. Indeks Literasi Digital Indonesia berada di skor 3,47, dalam kategori "sedang" (Katadata Insight Center & Kominfo, 2021). Pada 2021, skor naik sedikit menjadi 3,49 dengan peningkatan pada pilar Budaya Digital dan Kecakapan Digital (Katadata Insight Center & Kominfo, 2022). Pada 2022, skor kembali meningkat menjadi 3,54, dengan kenaikan pada Kecakapan Digital (3,44 ke 3,52), Etika Digital (3,53 ke 3,68), dan Keamanan Digital (3,10 ke 3,12), sementara Budaya Digital sedikit turun (3,90 ke 3,84) (Katadata Insight Center & Kominfo, 2023). Meskipun Indeks Literasi Digital Indonesia belum tersedia untuk 2023, Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI)

meningkat dari 37,80 pada 2022 menjadi 43,18 pada 2023, dan pada 2024, IMDI sedikit meningkat menjadi 43,34 (Kemenkominfo, 2022; Kemenkominfo, 2023; Komdigi, 2024). Penting untuk dicatat bahwa Indeks Literasi Digital Indonesia mengukur kemampuan individu menggunakan teknologi digital, sementara IMDI mencakup infrastruktur dan ekosistem digital. Meskipun terdapat peningkatan, Indonesia masih berada di kategori "sedang," yang menunjukkan perlunya upaya berkelanjutan untuk meningkatkan literasi digital.

Keberhasilan Indonesia dalam mengembangkan talenta digital sangat bergantung pada integrasi koding dan KA ke dalam kurikulum pendidikan. Selain itu, untuk penerapan yang efektif di sekolah, diperlukan dukungan berupa sumber daya manusia yang kompeten, infrastruktur yang memadai, dan kemitraan strategis dengan berbagai pihak. Pelatihan bagi guru menjadi hal yang sangat penting, agar mereka tidak hanya memahami konsep koding dan KA, tetapi juga mampu mengajarkannya secara menarik dan aplikatif kepada peserta didik. Perangkat pendukung, seperti laboratorium komputer, akses internet, dan modul ajar berbasis teknologi, perlu diupayakan di seluruh satuan pendidikan, tetapi tidak hanya bergantung pada teknologi, pembelajaran juga dapat dilaksanakan secara *unplugged* dengan perangkat pendidikan seperti menggunakan balok susun, *puzzle*, dan sejenisnya. Tak kalah penting, kerja sama dengan dunia usaha dan dunia industri (DUDI) perlu diperkuat agar materi pembelajaran yang diberikan relevan dengan kebutuhan dunia kerja, terutama dalam industri berbasis digital dan teknologi.

Lebih jauh, strategi implementasi di setiap jenjang pendidikan harus disesuaikan dengan tahap perkembangan kognitif peserta didik. Pada tingkat SD, pendekatan berbasis permainan dan pembelajaran *unplugged* (tidak menggunakan perangkat digital) dapat digunakan untuk mengenalkan dasar-dasar berpikir komputasional. Di tingkat SMP, pembelajaran lebih diarahkan pada pemrograman berbasis blok, eksplorasi algoritma sederhana, dan pengenalan konsep KA dalam kehidupan sehari-hari. Sementara di SMA dan SMK, peserta didik mulai diperkenalkan pada pemrograman berbasis teks, konsep *machine learning*, serta aplikasi KA dalam berbagai bidang industri. Dengan pendekatan yang bertahap dan kontekstual, peserta didik tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menerapkannya dalam projek nyata yang dapat meningkatkan kreativitas dan keterampilan *problem solving* mereka.

Integrasi koding dan KA dalam pendidikan tidak hanya meningkatkan literasi digital dan kemampuan penyelesaian masalah, tetapi juga mengajarkan berbagai keterampilan esensial yang mencakup berpikir komputasional, analisis data, algoritma pemrograman, etika, *human-centered mindset*, *design system*, dan teknik KA. Berpikir komputasional mengajarkan peserta didik untuk

menyelesaikan masalah secara sistematis dan efisien. Komponen berpikir komputasional terdiri dari proses dekomposisi (memecah masalah besar menjadi bagian kecil), pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma membantu peserta didik memahami dan menangani tantangan digital. Literasi digital bukan hanya tentang menggunakan teknologi, tetapi juga tentang memahami bagaimana teknologi bekerja dan dampaknya. Analisis data dapat membangun kemampuan menganalisis data yang memungkinkan peserta didik memahami informasi yang mereka temui sehari-hari dan membuat keputusan berbasis data. Algoritma pemrograman mengajarkan peserta didik bagaimana menyusun struktur logis untuk menyelesaikan masalah menggunakan algoritma yang efisien. *Human Centered-Mindset* memberikan pemahaman kepada peserta didik bahwa teknologi bukan hanya tentang efisiensi, tetapi juga bagaimana teknologi dapat memberikan manfaat kepada manusia dengan mempertimbangkan aspek sosial, budaya, dan emosional. Etika KA memberikan pendidikan pada peserta didik bahwa dengan perkembangan KA yang pesat, peserta didik perlu memahami implikasi etis dari teknologi KA tersebut. Desain sistem KA (*AI Design System*) berfokus pada bagaimana membangun arsitektur yang optimal dari pengumpulan data hingga implementasi KA. Teknik dan aplikasi KA *(AI Techniques and Application)* memberikan panduan penerapan perangkat lunak KA dengan melibatkan berbagai metode yang digunakan dalam pengembangan kecerdasan artifisial.

Urgensi integrasi koding dan KA dalam pendidikan makin meningkat seiring dengan perkembangan Industri 4.0 dan Masyarakat 5.0, yang menuntut sumber daya manusia unggul dengan pemahaman dan keterampilan digital yang kuat. Tanpa literasi digital yang memadai, generasi muda akan menghadapi kesulitan dalam bersaing di dunia kerja yang makin berbasis teknologi. Oleh karena itu, integrasi koding dan KA dalam kurikulum sekolah bukan sekadar inovasi, melainkan kebutuhan fundamental dalam membangun sumber daya manusia yang unggul dan adaptif terhadap perubahan zaman. Pemerintah, sekolah, industri, dan masyarakat perlu bersinergi dalam menciptakan ekosistem pendidikan yang kondusif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan keterampilan, sehingga Indonesia tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga produsen inovasi yang mampu bersaing di tingkat global.

B. Tujuan dan Manfaat

Tujuan penyusunan naskah akademik ini adalah sebagai berikut:

1. memahami urgensi pembelajaran koding dan KA dalam konteks Indonesia;
2. memahami kerangka filosofis dan pedagogis, sosiologis, yuridis, dan empiris yang melandasi urgensi pembelajaran koding dan KA;

3. mengidentifikasi praktik baik dan tantangan pembelajaran koding dan KA di negara maju, berkembang, dan di Indonesia; dan
4. Menjelaskan desain, strategi, dan model pembelajaran koding dan KA dalam konteks Indonesia;
5. mendeskripsikan arah dan strategi implementasi kebijakan pembelajaran koding dan KA di Indonesia.

Adapun manfaat dari naskah akademik ini yaitu:

1. memberikan landasan bagi pengambilan kebijakan kurikulum dan pembelajaran terkait koding dan KA di Indonesia; dan
2. menyediakan acuan bagi pengembangan program dan strategi implementasi pembelajaran koding dan KA di Indonesia.

C. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penyusunan naskah akademik ini meliputi:

1. konsep akademik pembelajaran koding dan KA; dan
2. strategi implementasi dan faktor pendukung yang perlu dipersiapkan untuk menerapkan pembelajaran koding dan KA dalam sistem pendidikan Indonesia pada jenjang pendidikan dasar dan pendidikan menengah, terutama pada aspek infrastruktur, sumber daya manusia, dan kebijakan.

Landasan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial

A. Landasan Filosofis dan Pedagogis

Filsafat dalam sistem pendidikan diyakini sebagai fondasi atau landasan yang mengarahkan tujuan pendidikan kepada apa yang ingin dicapai. Seperti ditegaskan John Dewey (1978), "*Education is everything along with growth; education itself has no final destination behind him"* (pendidikan akan terus berkembang, berproses sesuai dengan perkembangan manusia dan tak akan pernah berakhir). Sejumlah pakar seperti Ausubel, Ornstein & Hunkins, dan Tyler mendeskripsikan bahwa filosofi pendidikan merupakan tatanan masyarakat ideal yang digambarkan dan dicita-citakan manusia pada zamannya. Hal ini juga sejalan dengan pendapat John Dewey bahwa belajar pada hakikatnya adalah *"the way associated living"*, yakni mengajarkan cara hidup bersama, interaksi sosial, dan kehidupan komunal yang akan dialami peserta didik baik hari ini maupun masa mendatang (Dewey, 1916).

Rumusan filosofi pendidikan secara umum berbasis pada empat aliran atau mazhab utama, yaitu perenialisme, progresivisme, esensialisme, dan rekonstruksionisme. Secara ringkas, perenialisme memandang perlunya nilai-nilai yang abadi sebagai pegangan di tengah perubahan. Aliran progresivisme memahami bahwa pendidikan harus responsif terhadap perubahan dan menjadi bagian dari masyarakat dalam mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik. Aliran esensialisme menekankan pentingnya hal-hal esensial atau dasar yang wajib dikuasai sebagai standar minimal dalam sistem pendidikan yang dianut. Sedangkan rekonstruksionisme berupaya menguatkan pendidikan sebagai pendorong ke arah terjadinya perubahan sosial (Ornstein & Hunkins 2018; Kneller, 1971). Dalam dimensi nasional, uraian di atas sejalan dengan filosofi pendidikan Ki Hadjar Dewantara, terutama terkait dengan pembelajaran yang memerdekakan, membangun kemandirian dan kedaulatan peserta didik, berpusat pada peserta didik, tetapi dengan tetap mengakui otoritas guru. Pendidikan tidak boleh terpisah dari masyarakat, pendidikan harus berakar pada budaya bangsa, pendidikan pranata sosial pelestari dan pengembang kebudayaan (Dewantara, 2009).

Berdasarkan konsepsi di atas, landasan filosofis pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial (KA), mengacu pada beberapa hal berikut ini. *Pertama,* pendidikan merupakan upaya sadar untuk membangun peradaban umat manusia (*human civilization*). Peradaban yang maju dan berkeadilan antara lain dicirikan oleh capaian ilmu pengetahuan, teknologi, nilai-nilai, dan tradisi yang humanis, demokratis, berdaulat, sejahtera, berkeadilan sosial, dan tidak merusak lingkungan hidup. Dalam tataran nasional, konteks pendidikan nasional ini adalah menopang makin kuatnya bangsa Indonesia sebagai negara dan bangsa yang berpegang pada Pancasila dengan segala keunikan dan karakteristiknya, antara lain keragaman

agama, budaya, tradisi, etnis, daerah, dan sosialnya.

Kedua, falsafah pendidikan Indonesia patut menjadi pijakan dalam melahirkan manusia Indonesia yang utuh dan seimbang, yaitu sosok manusia Indonesia yang bertakwa kepada Tuhan YME; cerdas dan terampil dalam berkehidupan; matang spiritualitasnya; dewasa mentalitasnya; kokoh pegangan nilai-nilai dan moral yang dianutnya; dan sehat lahir batin, sehat jasmani dan rohaninya. Dalam tataran global, segenap bangsa Indonesia juga diharapkan dapat terlibat dan berkontribusi dalam membangun bangsa dan juga dunia, hidup rukun, saling menghormati dan sejajar dengan bangsa lain di berbagai belahan dunia. Oleh sebab itu, sesuai dengan Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, sistem pendidikan nasional harus mampu menjamin pemerataan kesempatan pendidikan, peningkatan mutu, serta relevansi dan efisiensi manajemen pendidikan untuk menghadapi tantangan sesuai dengan tuntutan perubahan kehidupan lokal, nasional, dan global sehingga perlu dilakukan pembaharuan pendidikan secara terencana, terarah, dan berkesinambungan.

Ketiga, pendidikan pada hakikatnya merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari masyarakat. Dalam konteks pengembangan kurikulum dan pembelajaran, Oliva & Gordon (2013) menegaskan beberapa aksioma di antaranya bahwa perubahan kurikulum sebagai dampak dari perubahan masyarakat (*curriculum change results from change in people*). Aksioma lainnya bahwa kurikulum yang dikembangkan tidak hanya mencerminkan masyarakat tetapi juga merupakan produk pada zamannya (*a school curriculum not only reflects but also is a product of its time).* Oleh karena itu, pendidikan harus responsif terhadap perubahan teknologi, sosial, ekonomi, politik, dan budaya. Hal itu karena perubahan tersebut meniscayakan terjadinya perubahan pengetahuan dan keterampilan hidup yang diperlukan oleh peserta didik untuk dapat hidup dan berkontribusi bagi masyarakat luas. Pendidikan yang tidak terpisahkan dari masyarakat pada dasarnya menekankan prinsip kontekstual, yaitu perlunya memasukkan hal-hal penting yang terjadi di masyarakat sebagai materi yang patut dipelajari peserta didik.

Pembelajaran koding dan KA memiliki landasan pedagogis yang kuat dalam berbagai teori pendidikan. Salah satunya adalah teori konstruktivisme yang dikemukakan oleh Piaget dan Vygotsky, bahwa peserta didik membangun pengetahuan mereka sendiri melalui eksplorasi dan pemecahan masalah. Prinsip ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran berbasis projek (*project based learning*) dan pembelajaran berbasis pengalaman, sebagaimana dikemukakan oleh John Dewey, di mana peserta didik belajar secara aktif melalui praktik langsung dan refleksi atas pengalaman mereka. Oleh karena itu, dalam

pembelajaran koding dan KA, peserta didik tidak hanya menghafal konsep, tetapi juga menerapkannya dalam situasi nyata, sehingga meningkatkan pemahaman mereka secara mendalam.

Selain itu, pembelajaran berbasis masalah (*problem based learning*) menjadi dasar penting karena koding dan KA menuntut peserta didik untuk berpikir kritis dan logis dalam menyelesaikan masalah yang kompleks. Proses ini membantu peserta didik mengembangkan kemampuan analitis dan pemecahan masalah secara sistematis, yang menjadi keterampilan esensial di era digital. Dalam hal ini, teori kecerdasan majemuk dari Howard Gardner (1983) juga mendukung pengajaran koding dan KA, karena kedua bidang ini dapat mengakomodasi berbagai jenis kecerdasan. Misalnya, kecerdasan logis-matematis terasah melalui pemrograman, kecerdasan visual-spasial berkembang melalui desain antarmuka atau pemodelan data, dan kecerdasan interpersonal dapat diperkuat melalui kerja tim dalam projek teknologi.

Lebih jauh, pembelajaran koding juga erat kaitannya dengan konsep *computational thinking* yang diperkenalkan oleh Jeanette Wing (2006). Konsep ini melatih peserta didik dalam berpikir sistematis melalui teknik *decomposition*, yaitu memecah masalah besar menjadi bagian kecil, *pattern recognition* untuk mengenali pola dalam data, *abstraction* dalam menyaring informasi penting, serta *algorithmic thinking* yang memungkinkan mereka menyusun solusi dalam langkah-langkah yang logis dan efisien. Dengan menerapkan *computational thinking*, peserta didik tidak hanya belajar cara membuat kode, tetapi juga memahami cara berpikir yang dapat diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu, seperti sains, ekonomi, dan bahkan seni.

Di samping itu, teori konektivisme yang dikembangkan oleh George Siemens (2004) makin memperkuat relevansi pembelajaran KA, karena teknologi berbasis data memungkinkan peserta didik untuk belajar dari berbagai sumber digital. Melalui konektivisme, peserta didik dapat berkolaborasi secara global melalui komunitas *open-source*, platform pembelajaran daring, serta jaringan profesional yang mempercepat transfer pengetahuan. Kemampuan ini sangat dibutuhkan dalam era digital yang terus berkembang, terutama dalam membangun keterampilan 6C (*Character, Citizenship, Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*), yang menjadi kompetensi utama abad ke-21.

Dalam konteks Kurikulum Merdeka, koding dan KA juga memungkinkan penerapan pembelajaran berdiferensiasi, di mana peserta didik dapat belajar sesuai dengan minat dan kemampuan mereka masing-masing. Hal ini memberikan fleksibilitas dalam pengajaran dan membantu peserta didik menemukan potensi terbaik mereka dalam bidang teknologi. Dengan demikian, pembelajaran koding dan KA tidak hanya membekali peserta didik dengan keterampilan teknis, tetapi juga

membentuk pola pikir yang kritis, kreatif, dan adaptif dalam menghadapi tantangan masa depan.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa filosofi pendidikan menjadi dasar bagi pembelajaran koding dan KA dalam membangun peradaban manusia, membentuk manusia Indonesia yang utuh dan seimbang, serta sesuai dengan konteks dan perkembangan masyarakat. Dari sisi pedagogis, pembelajaran koding dan KA penting sebagai upaya mendorong peserta didik untuk memahami, mengeksplorasi, dan memecahkan masalah melalui berpikir logis, kritis, dan analitis.

B. Landasan Sosiologis

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mendorong perubahan besar pada cara manusia berinteraksi, bekerja, dan belajar. Jaringan informasi global telah menciptakan "masyarakat jaringan" (Castells, 1996) yang mengandalkan teknologi sebagai tulang punggung interaksi sosial dan ekonomi. Kemajuan teknologi pula yang melahirkan Revolusi Industri 4.0 melalui otomatisasi, interkonektivitas, *Internet of Things* (IoT), kecerdasan artifisial, mahadata, robotika, dan komputasi awan (*cloud computing*) (Schwab, 2016). Disrupsi teknologi informasi dan komunikasi ini di satu sisi memberikan berbagai kemudahan bagi manusia karena dapat memicu beragam inovasi, mempermudah dan mempercepat proses kerja, serta memperkaya produk dan layanan yang lebih beragam. Namun, di sisi lain disrupsi teknologi juga menimbulkan tantangan, seperti kesenjangan digital, ancaman keamanan dan privasi, dan tingkat ketergantungan pada teknologi yang tinggi.

Pew Research Center (2018) mencatat berbagai kemudahan yang dimungkinkan berkat teknologi digital, seperti meningkatkan kontak dan relasi dengan keluarga, memperluas jejaring dan potensi bisnis, memudahkan identifikasi kesehatan dan penangannya, memperluas relasi dengan komunitas global, mempermudah akses terhadap dan menyimpan informasi dan pengetahuan, serta berbagai keuntungan lainnya. Namun demikian, teknologi digital juga menyisakan berbagai risiko, seperti potensi menjadi pribadi yang asosial, kecanduan dan waktu menonton layar yang berlebihan, "racun" media sosial, informasi berlebihan dan berita bohong, serta berbagai persoalan pelanggaran keamanan dan etika (Pew Research Center, 2018).

Guna mengoptimalkan pemanfaatan perkembangan teknologi dengan tetap menjadikan manusia sebagai tumpuan utama, Pemerintah Jepang menginisiasi konsep Masyarakat 5.0 (*Society 5.0*), yaitu masyarakat cerdas yang berpusat pada manusia dengan dukungan teknologi digital. Pada Masyarakat 5.0, sistem sosial-ekonomi dibangun secara berkelanjutan dan inklusif dengan bantuan *big data*, kecerdasan artifisial, *Internet of Things*,

dan robotika (UNESCO, 2024c). Konsep Masyarakat 5.0 lahir sebagai respons atas perkembangan Revolusi Industri 4.0 yang dapat berpotensi mendegradasi peran manusia. Untuk mencapai Masyarakat 5.0, diperlukan perpaduan antara dunia maya dan ruang fisik yang berpusat pada manusia (Cabinet Office, Government of Japan, https://www8.cao.go.jp/). Dengan demikian, kemajuan teknologi menjadi sarana dalam menyelesaikan berbagai permasalahan sosial dan ekonomi. *Japan's Artificial Intelligence Technology Strategy* menjadi pilar utama Masyarakat 5.0 terutama untuk mendukung tiga area prioritas, yaitu kesehatan, mobilitas, dan produktivitas (UNESCO, 2024c).

Koding dan KA memainkan peran kunci dalam perkembangan teknologi digital. Keduanya menjadi fondasi bagi inovasi di berbagai bidang, mulai dari komputasi sehari-hari hingga aplikasi canggih, seperti analisis mahadata, otomatisasi, dan sistem cerdas. Kemampuan dalam menguasai keduanya diyakini dapat mendorong peningkatan efisiensi, produktivitas, dan inovasi. Namun, di sisi lain perkembangan tersebut juga akan menghilangkan berbagai pekerjaan manual. *Future of Jobs Report 2023* yang diterbitkan World Economic Forum menyebutkan, pemanfaatan *big data*, *cloud computing*, dan kecerdasan artifisial akan diadopsi oleh sekitar 75% perusahaan dunia pada 2027. Hal itu diperkirakan akan mendorong tumbuhnya 69 juta pekerjaan baru dan menghilangkan sekitar 83 juta jenis pekerjaan (World Economic Forum, 2023). Sementara laporan terbaru, *Future of Jobs Report 2025* menyebutkan, kecerdasan artifisial dan teknologi pemrosesan informasi dipercaya akan memberikan dampak terbesar dalam industri dan bisnis pada 2030 (World Economic Forum, 2025).

Dalam konteks Indonesia, perkembangan teknologi digital telah berdampak luas dalam berbagai bidang. Akses penduduk Indonesia terhadap internet makin meningkat dari waktu ke waktu, yaitu dari 66,48% pada 2022, menjadi 69,21% pada 2023 (BPS, 2024). Peningkatan penetrasi internet ini didorong oleh kebutuhan mengakses informasi dengan cepat dan mudah serta ketersediaan infrastruktur yang memungkinkan jangkauan internet makin luas. Indeks Pembangunan Teknologi Informasi dan Komunikasi (IP-TIK) 2023 juga mencatat perkembangan positif. Pada 2018, nilai IP-TIK tercatat sebesar 5,07 (skala 1-10) dan terus meningkat hingga 2023 dengan nilai 5,90. Pertumbuhan paling pesat terjadi pada subindeks "penggunaan TIK", yakni tumbuh sebesar 1,56%. Adapun subindeks "keahlian TIK" tumbuh sebesar 0,67% dan subindeks "akses dan infrastruktur TIK" tumbuh sebesar 0,17% (BPS, 2024). Hal ini mengindikasikan perlunya perhatian pada pembangunan akses dan infrastruktur, serta peningkatan keahlian di bidang TIK.

Laporan World Bank (2021) menyebutkan, teknologi digital telah menciptakan peluang ekonomi baru bagi pekerja,

terutama melalui pekerjaan *gig digital* dan *e-commerce*. Pekerjaan *gig digital*, seperti transportasi *online* banyak dinikmati oleh kaum muda di perkotaan, sementara *e-commerce* memberikan peluang diversifikasi pendapatan terutama bagi wanita. Meskipun demikian, manfaat dari perkembangan teknologi digital ini belum mampu dinikmati oleh semua pihak. Pekerja berketerampilan tinggi, cenderung lebih diuntungkan daripada pekerja berketerampilan rendah (World Bank, 2021). Fakta menunjukan infrastruktur digital Indonesia belum merata dan menyebabkan kesenjangan antarwilayah di Indonesia, kondisi ini juga diindikasikan akibat dari investasi untuk infrastruktur teknologi informasi belum cukup menjangkau seluruh wilayah secara merata sehingga menghambat pertumbuhan ekonomi digital di beberapa daerah. Padahal, infrastruktur digital menjadi pendorong kuat pemberdayaan, inklusivitas, dan ketahanan ekonomi bagi masyarakat (World Bank, 2023).

Perkembangan teknologi digital juga berpengaruh di sektor pendidikan. Inovasi pembelajaran berbasis kecerdasan artifisial menjadi sebuah keniscayaan sehingga transfer ilmu pengetahuan dan pengembangan kompetensi dapat berlangsung kontinu, tanpa terbatas ruang dan waktu. Melalui pemanfaatan kecerdasan buatan, penyelenggaraan pendidikan akan menjadi lebih efisien, efektif, transparan, dan ekonomis (RPJPN 2025-2045).

Namun demikian, terdapat beberapa hambatan yang menyebabkan perkembangan teknologi digital belum inklusif untuk semua kelompok masyarakat (Bachtiar dkk., 2020). *Pertama*, akses internet belum merata berdasarkan wilayah, gender, tingkat kesejahteraan, tingkat pendidikan, dan sektor usaha. *Kedua,* pemanfaatan teknologi digital dianggap sebagai sarana komunikasi dengan pemanfaatan dominan untuk mengakses media sosial, hiburan, dan informasi, tetapi belum dioptimalkan untuk produktivitas kerja dan bisnis. Hal ini mengindikasikan lemahnya literasi digital masyarakat.

Data dari Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI) menunjukkan tren peningkatan dari 2022 ke 2024, di mana skor IMDI 2024 tercatat sebesar 43,34. Pilar keterampilan digital menjadi pilar dengan skor tertinggi, yaitu 58,25, sedangkan pilar pemberdayaan menjadi pilar dengan skor terendah, yaitu 25,66. Hal ini menunjukkan, saat ini masyarakat Indonesia sudah mampu menggunakan teknologi digital, tetapi belum optimal untuk mendukung aktivitas ekonomi yang produktif. Sebagian besar dunia usaha dan industri baru sebatas memanfaatkan media sosial, seperti Facebook, X, Instagram, LinkedIn, dan lainnya dalam pekerjaan mereka sehari hari. Di sisi lain, lebih dari 70% dunia usaha dan industri belum memanfaatkan teknologi kecerdasan artifisial dan *customer relationship management* (CRM). Padahal penerapan kecerdasan artifisial seperti

chatbot, asisten virtual, serta sistem CRM dapat meningkatkan efektivitas operasional dan mempermudah relasi dengan pelanggan. Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan layanan komputasi awan juga terhitung minim, dengan lebih dari 65% responden dunia usaha dan industri belum pernah memanfaatkan kedua teknologi ini (Budiarto dkk., 2024).

Lemahnya literasi digital menjadi salah satu isu yang mengemuka (Bachtiar dkk., 2020; World Bank, 2021). Keterampilan dalam memanfaatkan teknologi digital, pemahaman yang memadai untuk mengoptimalkan peran teknologi digital, serta berbagai risiko yang dapat muncul belum sepenuhnya dipahami oleh masyarakat. Gambaran "keadaban" masyarakat Indonesia di dunia maya terlihat dari *Digital Civility Index* (DCI) yang kondisinya paling rendah di Asia Tenggara dan menempati urutan ke-29 dari 32 negara. Perilaku dalam menyebarkan informasi palsu (*hoax*), kasar dalam berinteraksi, memancing kemarahan, perundungan, pelecehan seksual, hingga pencemaran nama baik marak dilakukan di dunia maya (Burhani, 2021).

Berbagai kondisi dan tantangan tersebut dapat menghambat Visi Indonesia 2045, yaitu negara yang merdeka, bersatu, berdaulat, adil, dan makmur. Indonesia Emas 2045 diharapkan mampu menciptakan: 1) transformasi sosial guna mewujudkan manusia Indonesia yang sejahtera, adaptif, berakhlak mulia, berbudaya maju, unggul, dan berdaya saing; 2) transformasi ekonomi, di mana Indonesia menjelma sebagai negara berpendapatan tinggi dan poros maritim dunia; dan 3) transformasi tata kelola dengan regulasi dan tata kelola yang berintegritas dan adaptif (Indonesia2045.go.id). Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi digital dalam berbagai bidang tidak dapat dihindarkan sehingga penguasaan terhadapnya menjadi kunci keberhasilan daya saing bangsa di masa depan. Kemampuan dalam memanfaatkan teknologi digital perlu diperkuat antara lain dengan penguasaan kecakapan berpikir komputasional dan optimalisasi pemanfaatan kecerdasan artifisial.

C. Landasan Yuridis

1. Undang-Undang Dasar 1945

"Mencerdaskan kehidupan bangsa" merupakan salah satu tujuan negara Indonesia yang tercantum dalam Pembukaan UUD 1945 alinea keempat. Mencerdaskan kehidupan bangsa merujuk pada upaya bangsa Indonesia untuk meningkatkan kualitas intelektual, keterampilan, dan karakter masyarakatnya agar dapat berkontribusi dalam pembangunan sosial, ekonomi, dan budaya baik di tingkat nasional maupun global. Pendidikan menjadi sarana penting dalam mewujudkan tujuan nasional tersebut sehingga negara perlu memastikan seluruh warganya memiliki akses dan kesempatan yang sama untuk

mendapatkan pendidikan yang layak dan berkualitas. Negara wajib menjamin akses terhadap pendidikan yang bermutu untuk semua.

2. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

Pasal 3 UU Sisdiknas menyebutkan bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Untuk mencapai fungsi dan tujuan tersebut, maka pemerintah wajib menjamin penyediaan layanan pendidikan yang bermutu untuk semua. Salah satu upaya untuk menyediakan layanan pendidikan bermutu ialah melalui penyediaan kurikulum yang selaras dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan dinamika perkembangan global (Pasal 36 ayat 3).

3. Undang-Undang No. 59 Tahun 2024 tentang RPJPN Tahun 2025-2045

Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025-2045 mengetengahkan Visi Indonesia Emas 2045 yang diukur melalui 5 sasaran, yaitu: 1) pendapatan per kapita setara negara maju; 2) kemiskinan menurun dan ketimpangan berkurang; 3) kepemimpinan dan pengaruh di dunia internasional meningkat; 4) daya saing sumber daya manusia meningkat; dan 5) intensitas emisi gas rumah kaca menurun menuju emisi nol bersih. Tersebut dijabarkan ke dalam 8 Misi Pembangunan, yakni 1) transformasi sosial; 2) transformasi ekonomi; 3) transformasi tata kelola; 4) supremasi hukum, stabilitas, dan kepemimpinan Indonesia; 5) ketahanan sosial budaya dan ekologi; 6) Pembangunan kewilayahan yang merata dan berkeadilan; 7) sarana dan prasarana yang berkualitas dan ramah lingkungan; dan 8) kesinambungan pembangunan. Pembangunan sumber daya manusia menjadi kunci dalam mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045. Di sektor pendidikan, pembangunan diharapkan mampu mendorong optimalisasi bonus demografi dengan cara mengatasi berbagai tantangan, di antaranya perluasan akses pendidikan, pemerataan layanan pendidikan berkualitas, dan penyelarasan pendidikan dengan dunia kerja.

4. Peraturan Pemerintah No. 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan

Penyelenggaraan pendidikan dilakukan berdasarkan Standar Nasional Pendidikan (SNP) yang merupakan kriteria minimal tentang sistem pendidikan di seluruh wilayah hukum Negara Kesatuan Republik Indonesia. Standar Nasional Pendidikan memerlukan penyesuaian terhadap dinamika dan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, serta kehidupan

masyarakat untuk kepentingan peningkatan mutu pendidikan. Dalam hal ini, Standar Nasional Pendidikan menjadi acuan dalam pengembangan kurikulum dan penyelenggaraan pendidikan untuk mewujudkan tujuan pendidikan.

5. **Permendikbudristek No. 5 Tahun 2022 tentang Standar Kompetensi Lulusan pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah**

Standar Kompetensi Lulusan adalah kriteria minimal tentang kesatuan sikap, keterampilan, dan pengetahuan yang menunjukkan capaian kemampuan peserta didik dari hasil pembelajarannya pada akhir jenjang pendidikan. Standar Kompetensi Lulusan dirumuskan berdasarkan tujuan pendidikan nasional, tingkat perkembangan peserta didik, kerangka kualifikasi nasional Indonesia, serta berdasarkan jalur, jenjang, dan jenis pendidikan. Standar Kompetensi Lulusan menjadi salah satu acuan dalam pengembangan kurikulum nasional.

6. **Permendikbudristek No. 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah**

Kurikulum adalah seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu. Kurikulum nasional memiliki tujuan untuk mewujudkan pembelajaran yang bermakna dan efektif dalam meningkatkan keimanan, ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan akhlak mulia serta menumbuhkembangkan cipta, rasa, dan karsa peserta didik sebagai pelajar sepanjang hayat yang berkarakter Pancasila. Kurikulum tidak dapat terlepas dari dinamika dan isu-isu global. Oleh karena itu, peserta didik diasah sensitivitas sosialnya atas masalah yang terjadi di berbagai belahan dunia lain, termotivasi untuk belajar beragam budaya yang berbeda-beda, dan terdorong untuk berkontribusi bagi kehidupan dunia yang lebih baik. Kurikulum juga menekankan pembelajaran yang ekologis, interkultural, dan interdisiplin untuk transformasi sosial yang lebih adil dan masa depan yang berkelanjutan.

D. Landasan Empiris

Berbagai negara di dunia telah berupaya merespons perkembangan teknologi digital, utamanya kecerdasan artifisial dengan cara mengadopsinya dalam berbagai kebijakan. Berdasarkan perangkingan yang dibuat oleh Stanford Global AI Vibrancy Tool tahun 2023, Amerika Serikat menempati peringkat pertama dalam pengembangan dan pemanfaatan kecerdasan artifisial, diikuti oleh Tiongkok dan Inggris. Pemeringkatan ini dikeluarkan untuk 36 negara teratas dalam kepemimpinan kecerdasan artifisial. Indonesia tidak termasuk di dalamnya, sedangkan negara ASEAN yang masuk daftar adalah Singapura pada peringkat 10

dan Malaysia pada peringkat 26. Pemeringkatan ini menggunakan 42 indikator dalam 8 pilar yang menggambarkan posisi kecerdasan artifisial pada setiap negara sesuai dengan preferensi pengguna, identifikasi indikator nasional utama untuk memandu pengambilan kebijakan, dan menyoroti kecerdasan artifisial baik di negara maju dan negara berkembang (https://hai.stanford.edu, Nov 21, 2024).

Sementara itu, The Global AI Index mengukur negara-negara dalam hal tingkat investasi, inovasi, dan penerapan kecerdasan artifisial mengeluarkan rangking 83 negara. Pemeringkatan tersebut menggunakan 122 indikator yang dikelompokkan ke dalam tiga pilar analisis, yaitu implementasi, inovasi, dan investasi. Dalam indeks ini, Indonesia berada pada peringkat ke 49 (https://www.tortoisemedia.com).

Salah satu indikator pada kedua pemeringkatan tersebut adalah pendidikan. Pembelajaran koding dan KA serta pemanfaatannya dalam dunia pendidikan sudah banyak diterapkan di banyak negara, seperti Tiongkok, Singapura, India, Korea Selatan, dan Australia (lihat penjelasan lebih rinci pada Bab III). Di beberapa negara ini, strategi nasional telah dikembangkan untuk mendorong penguasaan teknologi. Salah satu upayanya adalah dengan mengintegrasikan koding dan KA dalam sistem pendidikannya. Selain melalui *roadmap* pendidikan, secara lebih teknis kurikulum pembelajaran di sekolah-sekolah seperti di Tiongkok, juga telah mengintegrasikan target capaian keterampilan dan pengetahuan siswa terhadap penguasaan bidang teknologi, termasuk koding dan KA. Kurikulum dirancang khusus untuk berbagai tingkat pendidikan, mulai dari sekolah dasar hingga menengah, dengan fokus pada pemahaman dasar, aplikasi praktis, dan etika penggunaannya. Pembelajaran koding dan KA tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada tanggung jawab etis dalam pengembangan dan penerapannya, seperti yang diterapkan di Singapura dan Australia.

Penerapan pembelajaran koding dan KA yang sukses diterapkan oleh banyak negara dari jenjang pendidikan dasar hingga menengah dapat dilihat dari berbagai dukungan yang disediakan, baik oleh pemerintah secara mandiri maupun melalui kolaborasi/kemitraan dengan eksternal. Dalam penerapannya, berbagai negara tersebut berupaya memastikan adanya dukungan yang diberikan kepada sekolah agar siap mengimplementasikannya, misalnya dukungan peningkatan kompetensi guru, sarana dan prasarana pendukung, serta kesiapan peserta didik dalam pembelajaran.

Di Indonesia, sesuai dengan Permendikbud 36 Tahun 2018, peningkatan kompetensi peserta didik yang sesuai dengan perkembangan teknologi dilaksanakan melalui pembelajaran Informatika sebagai

mata pelajaran pilihan. Mata pelajaran ini menjadi pilihan yang mulai dilaksanakan pada tahun ajaran 2019/2020 sesuai dengan kesiapan sekolah. Mata pelajaran Informatika kemudian menjadi mata pelajaran wajib di jenjang SMP dan SMA pada Kurikulum Merdeka (Permendikbudristek No. 12/2024). Kurikulum Merdeka memfasilitasi pembelajaran berbasis *Internet of Things*, *augmented reality,* dan KA yang bertujuan agar peserta didik memiliki keahlian dalam menanggapi persaingan global dengan pembelajaran berbasis teknologi (Marliani dkk., 2017). Melalui mata pelajaran Informatika, peserta didik diharapkan dapat memiliki kemampuan berpikir komputasional. Mereka ditantang untuk berinovasi secara kreatif dan menyelesaikan persoalan nyata secara komputasional dan berjenjang, mulai dari persoalan dan data yang kecil dan sederhana sampai dengan yang besar, kompleks, dan rumit. Mata pelajaran Informatika juga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan peserta didik untuk memaksimalkan potensi yang bisa diraih di dunia digital melalui kecakapan digital, bijak beretika digital, dan berbudaya Pancasila dalam dunia digital, serta mampu hidup aman dan seimbang di dunia digital (Kepka BSKAP No. 032/H/KR/2024).

Temuan di lapangan menunjukkan, beberapa sekolah di Indonesia juga sudah menerapkan pembelajaran koding dan KA baik melalui ekstrakurikuler maupun terintegrasi dengan intrakurikuler (lihat penjelasan lebih rinci pada Bab III). Meskipun umumnya belum menjadi mata pelajaran tersendiri, pelaksanaannya di berbagai sekolah dapat menjadi gambaran bahwa koding dan KA mulai diajarkan untuk meningkatkan kompetensi peserta didik. Selain dapat meningkatkan literasi digital, integrasi pembelajaran koding dan KA ini juga mendorong kemampuan berpikir kritis, inovatif, dan adaptabilitas peserta didik—keterampilan yang sangat dibutuhkan di era digital. Melalui integrasi pembelajaran koding dan KA, Indonesia diyakini dapat mempersiapkan generasi muda untuk menjadi individu yang kompeten dan siap menghadapi tantangan global. Pengalaman yang telah dilakukan oleh berbagai negara, serta praktik pembelajaran koding dan KA di beberapa sekolah di Indonesia dapat menjadi landasan empiris bagi pemerintah untuk mendukung penerapannya secara lebih luas.

Koding dan Kecerdasan Artifisial Dalam Pendidikan

Indonesia sudah saatnya mengadopsi kecerdasan artifisial (KA) untuk mengoptimalkan potensi pertumbuhan ekonomi nasional. Studi PricewaterhouseCoopers (PwC) tahun 2023 menunjukkan bahwa kecerdasan buatan diproyeksikan dapat menyumbang hingga USD 1 triliun atau sekira Rp 16 kuadriliun terhadap produk domestik bruto wilayah ASEAN pada 2030. Berdasarkan hasil studi tersebut, Indonesia berpotensi memperoleh hasil hingga USD 366 miliar atau Rp 5,8 kuadriliun, yang dapat mendorong pertumbuhan ekonomi nasional hingga menjadi 18,8%. Untuk mempercepat pengembangan ekonomi digital melalui pemanfaatan KA, Kementerian Komunikasi dan Digital telah menetapkan lima prioritas dalam strategi pemanfaatan KA, yakni layanan kesehatan, reformasi birokrasi, pendidikan talenta, pengembangan kota pintar, dan keamanan pangan (Indonesia.go.id, 14/01/2025).

Dalam kerangka pengembangan kualitas pendidikan, khususnya pendidikan dasar dan menengah yang adaptif, kebutuhan terhadap kecakapan digital melalui koding dan KA adalah suatu keniscayaan. Mengingat pembelajaran Koding dan KA ini bukan saja tentang pengetahuan perangkat keras dan lunak, melainkan juga tentang kemampuan bernalar kritis, kreativitas, dan inovasi sebagai kekuatan individu dalam menjawab persoalan dengan solusi yang tepat. Bahkan UNESCO telah memasukkan pembelajaran KA sebagai salah satu prioritas utama. Hal itu terlihat dari beberapa inisiasi strategis UNESCO dalam mengembangkan KA untuk dunia pendidikan. *Pertama,* Deklarasi Qingdao (UNESCO, 2015) yang mencakup eksplorasi potensi mahadata untuk meningkatkan pembelajaran daring, menginformasikan pemahaman tentang perilaku peserta didik, dan meningkatkan desain pembelajaran daring. *Kedua,* Konsensus Beijing tentang KA dan pendidikan (UNESCO, 2019) yang mencakup serangkaian rekomendasi untuk penerapan KA dalam pendidikan. *Ketiga,* UNESCO menerbitkan panduan KA untuk pendidikan yang diperuntukkan bagi para pembuat kebijakan. *Keempat,* pada 2021 UNESCO meluncurkan proyek kecerdasan artifisial dan masa depan pembelajaran.

UNESCO membedakan teknik KA dan teknologi KA. Teknik KA merujuk pada proses atau metode yang digunakan dalam KA, sedangkan teknologi KA merupakan produk dari teknik KA (UNESCO, 2022). Pada 2024, UNESCO menerbitkan dua dokumen terkait KA, yaitu *AI competency framework for students* (UNESCO, 2024a) dan *AI competency framework for teachers* (UNESCO, 2024b). Kedua kerangka kompetensi tersebut mendefinisikan pengetahuan, keterampilan dan nilai-nilai yang harus dikuasai baik oleh guru maupun peserta didik di era KA ini. Pada dokumen *AI competence framework for students*, UNESCO menyatakan bahwa pengintegrasian tujuan pembelajaran KA ke dalam kurikulum sekolah resmi sangat penting bagi peserta didik agar dapat berinteraksi dengan KA secara aman dan bermakna, baik sebagai pengguna maupun

sebagai pengembang KA ke depannya. Sedangkan pada dokumen *AI competence framework for teachers*, UNESCO menyatakan bahwa kerangka kompetensi kecerdasan artifisial pada guru ini dirancang untuk mendukung pengembangan kompetensi KA di kalangan guru sehingga mereka dapat menggunakan teknologi ini dalam praktik mengajar mereka dengan cara yang aman, efektif, dan etis.

Dua kerangka kompetensi tersebut dikembangkan UNESCO secara bersamaan agar dapat memberdayakan guru dan peserta didik dalam membentuk masa depan digital yang inklusif dan berkelanjutan. UNESCO menyatakan bahwa guru adalah pengguna utama KA dalam pendidikan. Selain sebagai pengguna KA dalam merancang pembelajaran peserta didik, guru juga diharapkan menjadi penjaga utama praktik penggunaan KA yang aman dan etis di lingkungan pendidikan, serta menjadi teladan dalam pembelajaran sepanjang hayat. Untuk menjalankan tanggung jawab ini, guru perlu didukung dalam mengembangkan kapasitas mereka agar dapat memanfaatkan potensi KA sekaligus mengurangi risikonya dalam lingkungan pendidikan dan masyarakat yang lebih luas.

A. Konsep Koding dan Kecerdasan Artifisial

Sebelum membahas lebih mendalam mengenai pembelajaran koding dan KA, kita perlu mendefinisikan beberapa konsep kunci yang terkait, yaitu berpikir komputasional, pemrograman, koding, dan kecerdasan artifisial.

Berpikir Komputasional

Berpikir komputasional, menurut Wing (2006), merupakan sikap dan keterampilan yang dapat diterapkan secara universal, serta dapat dipelajari dan digunakan oleh semua orang yang ingin belajar dan menggunakannya. Berpikir komputasional dilakukan melalui dekomposisi, yaitu memecah masalah besar menjadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah dikelola dan diselesaikan; pengenalan pola atau kemiripan dalam data atau masalah sehingga dapat digunakan untuk menemukan solusi yang serupa dalam situasi lain; abstraksi dengan cara menyaring informasi yang relevan dan penting; dan berpikir algoritmik dengan menyusun langkah-langkah logis untuk menyelesaikan masalah. Berpikir komputasional merupakan proses berpikir yang digunakan untuk menghasilkan solusi dengan langkah-langkah komputasi yang dapat meningkatkan kemampuan analisis seseorang. Solusi tersebut dapat dilanjutkan dengan tindakan komputasional (*computational acting*) berupa penggunaan teknologi atau pemrograman.

Pemrograman

Pemrograman adalah proses merancang, menulis, dan menguji kode yang digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak dan aplikasi komputer. Pemrograman

mencakup aspek logika, algoritma, serta struktur data untuk menyelesaikan masalah tertentu.

Koding

Koding merupakan tindakan dalam menerjemahkan keinginan (*intentions*) manusia ke dalam format yang dapat dimengerti komputer melalui bahasa pemrograman (McConnell, 2004). Koding juga mengacu pada salah satu praktik pemrograman atau pemberian instruksi kepada komputer (misalnya, robot, chip, perangkat kecil), yang menerapkan solusi yang dikembangkan melalui pemikiran komputasi. Walaupun pemrograman dan koding memiliki cakupan yang berbeda, namun dalam beberapa artikel pembelajaran koding untuk sekolah, dua istilah tersebut sering digunakan bergantian dan dilihat sebagai sinonim (Mills dkk., 2024).

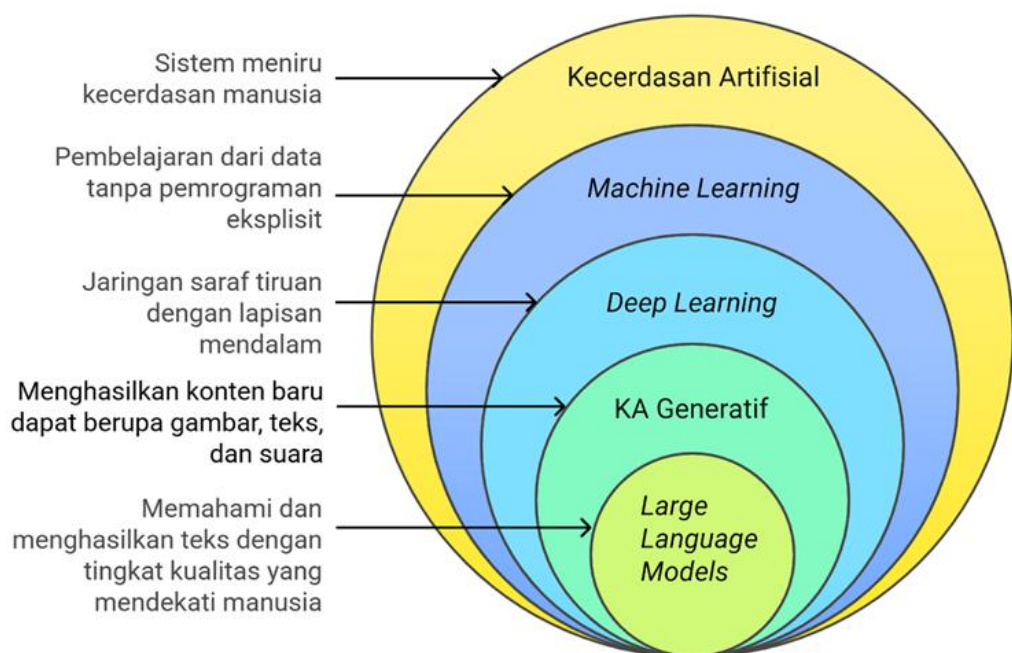
Pembelajaran koding dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti *plugged coding* yang menggunakan perangkat komputer dan perangkat lunak; *unplugged coding* yang mengajarkan konsep pemrograman tanpa menggunakan komputer melalui aktivitas fisik atau *game*; dan *internet-based coding* yang memungkinkan pembelajaran melalui platform daring interaktif melalui koneksi internet (Resnick dkk., 2009; Grover & Pea, 2018). Berdasarkan konsep tersebut, maka koding dapat dipahami sebagai praktik pemrograman perangkat komputasi dengan melibatkan kemampuan berpikir komputasional dan algoritma secara *internet-based, plugged*, dan *unplugged*.

Kecerdasan Artifisial

Para ahli mendefinisikan KA secara berbeda-beda, tergantung dari sudut pandang masing-masing. Kaplan & Haenlein (2019) mendefinisikan KA sebagai kemampuan sistem untuk dapat menginterpretasikan data eksternal dengan benar, belajar dari data tersebut, dan menggunakan pembelajaran tersebut untuk mencapai tujuan dan tugas tertentu. Menurut Poole & Mackworth (2010), KA dipahami sebagai bidang studi yang mempelajari sintesis dan analisis dari agen komputasional (*computational agent*) yang dapat bertindak secara cerdas. Russel & Norvig (2010) mendefinisikan KA sebagai studi mengenai agen cerdas yang dapat menerima persepsi lingkungan dan melakukan tindakan. Agen dapat berpikir seperti manusia (*thinking humanly*), bertindak seperti manusia (*acting humanly*), berpikir rasional (*thinking rationally*), dan bertindak rasional (*acting rationally*). Dalam hal ini, kecerdasan artifisial merujuk kepada bidang dalam ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang mampu menjalankan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia, seperti pengenalan pola, pengambilan keputusan, dan pemrosesan bahasa alami.

Dalam perkembangannya, KA mencakup berbagai subbidang, seperti pembelajaran mesin (*machine learning*), pembelajaran

mendalam (*deep learning*), KA generatif, dan model bahasa besar (*large language models*). *Machine Learning* berfokus pada pembelajaran sistem dari data tanpa melakukan pemrograman secara eksplisit. *Deep Learning* menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan banyak lapisan mendalam untuk mempelajari pola dari data yang jumlahnya banyak dan dapat digunakan untuk menyelesaikan beberapa tugas kompleks, seperti klasifikasi gambar, deteksi objek, dan segmentasi gambar. Pada 2017, perkembangan KA mengarah kepada KA generatif, di mana model KA dapat menghasilkan teks, gambar, dan suara baru berdasarkan pola yang dipelajari dari data latih yang sudah ada. Model KA generatif yang saat ini sedang berkembang adalah *Large Language Models* (LLMs), di mana model ini mampu memahami dan menghasilkan teks dengan tingkat kualitas yang mendekati manusia sehingga membuka berbagai peluang dalam bidang pendidikan dan penelitian. Cakupan KA secara visual dapat dilihat pada gambar di atas.

Dalam konteks pendidikan, KA diposisikan sebagai sistem atau teknologi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Dalam proses pembelajaran, KA dapat digunakan untuk personalisasi sesuai kebutuhan belajar peserta didik. Namun, selain diposisikan sebagai teknologi pendukung, pemahaman, pemanfaatan, dan pengembangan KA dapat diposisikan sebagai materi pembelajaran pada berbagai jenjang pendidikan. Pembelajaran Koding dan KA akan dijelaskan pada bagian berikut.

Gambar 1. Cakupan Kecerdasan Artifisial
Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber

B. Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial

Sebelum membahas mengenai pembelajaran koding dan KA, perlu diperjelas terlebih dahulu berbagai istilah lain yang penggunaannya saling tumpang tindih, yaitu terkait istilah literasi digital, keterampilan digital, dan kompetensi digital (Brown dkk., 2016), serta sejumlah konsep yang berhubungan dengan literasi digital, seperti literasi komputer, literasi informasi, keterampilan abad ke-21, literasi media baru, serta literasi media dan informasi. UNESCO (2018) mengusulkan definisi literasi digital sebagai kemampuan untuk mengakses, mengelola, memahami, mengintegrasikan, berkomunikasi, mengevaluasi, dan menciptakan informasi dengan aman dan sesuai melalui teknologi digital untuk ketenagakerjaan (*employment*), pekerjaan yang layak (*decent jobs*), dan kewirausahaan. Kemampuan di bidang literasi digital ini mencakup kompetensi yang sering disebut sebagai literasi komputer, literasi TIK, literasi informasi, dan literasi media. Definisi UNESCO tersebut mencakup tiga komponen, yaitu pemahaman tentang jenis teknologi yang harus digunakan untuk tujuan yang berbeda; keterampilan operasional untuk menggunakan teknologi tersebut; dan kemampuan untuk mengubah penggunaan teknologi ini menjadi hasil yang nyata dan terukur, seperti kewarganegaraan, kesejahteraan, pencegahan bahaya, pemecahan masalah, yang pada akhirnya memberikan makna terhadap penggunaan TIK dalam kehidupan kita.

Seymour Papert (1980) yang merupakan pionir dalam pembelajaran berpikir komputasional, pemrograman dan koding, dalam *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas* berargumen bahwa pembelajaran berpikir komputasional dan koding merupakan keterampilan yang penting bagi anak dan menekankan pentingnya komputer sebagai alat yang sangat membantu untuk membuat yang abstrak menjadi konkret. Ahli lainnya, Wing (2006) yang menulis artikel berjudul *Computational Thinking,* menjadi rujukan dalam penelitian dan praktik pembelajaran komputasional dan koding pada sekolah dasar dan menengah di Amerika. Pemerintah di beberapa negara di Eropa juga mencoba mengadopsi konsep berpikir komputasional ke dalam kurikulum dan pembelajaran di sekolah.

Pembelajaran koding dan KA dilakukan dengan berbasis pada berpikir komputasional. Dalam hal ini, kemampuan pemrograman tidak hanya berkaitan dengan kecakapan dalam menulis kode, tetapi juga mengajarkan peserta didik untuk bisa berpikir secara komputasional dalam menyelesaikan masalah (Lye & Koh, 2014). Temuan Casal-Otero dkk. (2023) menunjukkan pembelajaran KA berfokus pada pemahaman mengenai konsep dan teknik tertentu serta pembelajaran menggunakan platform khusus untuk menjelaskan beberapa konsep, seperti *machine learning*, *scratch*, atau *app*

inventor. Pembelajaran tersebut memiliki tujuan agar peserta didik lebih memahami konsep dan teknik KA.

UNESCO (2024a) dalam dokumen *AI Framework for students* menyebutkan empat elemen utama yang membentuk kompetensi peserta didik dalam KA, yaitu:

a. pola pikir yang berpusat pada manusia;
b. etika KA;
c. teknik dan aplikasi KA; dan
d. desain sistem KA.

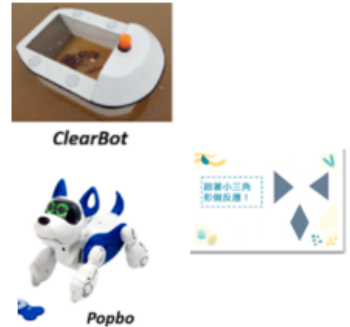
UNESCO menyatakan bahwa empat elemen utama tersebut berfokus pada nilai-nilai fundamental, tanggung jawab sosial untuk menegakkan prinsip etika, pengetahuan dan keterampilan dasar, serta keterampilan berpikir tingkat tinggi untuk desain sistem. Pendekatan berpusat pada manusia dan etika KA merupakan dua aspek yang saling melengkapi dalam pengembangan kompetensi KA peserta didik. Dengan menempatkan manusia sebagai pusat, maka peserta didik diajak untuk memahami manfaat dan risiko KA secara kritis serta mengevaluasi proporsionalitas penggunaannya terhadap kebutuhan manusia dan keberlanjutan lingkungan. Di sisi lain, etika KA menekankan pada tanggung jawab sosial dalam penggunaan teknologi ini, termasuk kemampuan untuk memahami, dan menerapkan prinsip-prinsip etis yang mengatur perilaku manusia dalam seluruh siklus penggunaan maupun pengembangannya. Kombinasi kedua aspek ini tidak hanya membekali peserta didik dengan kesadaran akan dampak sosial KA, tetapi juga membentuk peserta didik menjadi individu yang bertanggung jawab dalam mengembangkan dan menggunakan teknologi KA secara etis dan berkelanjutan.

1. Desain, Strategi, dan Model Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial

Lye & Koh (2014) mengelompokkan strategi pembelajaran Kecerdasan Artifisial ke dalam empat kategori, yaitu penguatan konsep komputasi, refleksi, pemrosesan informasi, serta pembuatan program. *Pertama*, penguatan konsep komputasi. Penguatan konsep komputasi dilakukan dengan bantuan sistem komputer di mana umpan balik diberikan melalui permainan untuk peserta didik jenjang SMP atau pendekatan *e-learning* untuk mahasiswa. *Kedua*, refleksi. Strategi ini melibatkan mahasiswa perguruan tinggi untuk merefleksikan pengalaman pemrograman mereka. *Ketiga*, pemrosesan informasi. Pendekatan pemrosesan informasi membantu peserta didik untuk memperoleh konsep komputasi dengan menyediakan struktur yang memungkinkan mereka untuk memproses informasi yang disajikan kepada mereka dengan lebih baik (Lye & Koh, 2014). *Keempat*, membuat program. Dalam membuat program, peserta didik tidak dibiarkan untuk membuat programnya sendiri, melainkan tetap dipandu oleh guru, orang tua, maupun teman sebaya.

Su, Zhong, & Ng (2022) mengemukakan empat kerangka teoretis yang dapat

digunakan dalam pendekatan pembelajaran kecerdasan artifisial dan koding, yaitu: *Holistic model*, *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) *framework*, *Self-determination theory* (SDT), dan *Technological acceptance model* (TAM). *Holistic model* mencoba meringkas keseluruhan pendekatan pembelajaran KA. TPACK *framework* menekankan pada kompetensi guru, yakni *Content Knowledge (CK)*, *Pedagogical Knowledge (PK)*, dan *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*. *Self-determination theory* (SDT) menjelaskan tentang bagaimana individu termotivasi untuk berkembang dan berubah sesuai dengan kebutuhan psikologis mereka. *Technological Acceptance Model* (TAM) menekankan pada minat guru untuk mengembangkan pembelajaran koding dan KA beserta perangkatnya untuk keberhasilan peserta didik.

Pemilihan materi dan sumber belajar dalam kurikulum sangat diperhatikan. Beberapa strategi yang dapat dilakukan adalah memperhatikan penyampaian materi dan kolaborasi antara peneliti, guru serta praktisi. Rizvi, Waite, & Sentance (2023) menemukan bahwa 70% peserta didik menganggap permainan dalam pembelajaran KA interaktif lebih bermanfaat terutama ketika permainan tersebut mencerminkan konteks dan budaya asal peserta didik.

Kurikulum dituntut menekankan pada pembelajar yang bersifat inovatif, kreatif dan berbasis teknologi sehingga memberikan peluang peserta didik untuk mempelajari berbagai teknologi termasuk KA. Penyusunan kurikulum perlu mencakup materi KA, seperti pengenalan konsep KA, teknologi KA, algoritma, dan aplikasi KA. Materi tersebut harus disusun dengan mengacu pada standar kompetensi pembelajaran KA, yaitu pengetahuan KA, keterampilan KA, dan sikap terhadap KA (Kim dkk., 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa beragam desain pembelajaran diterapkan dalam pembelajaran KA dan koding. Su, Zhong, & Ng (2022) menemukan bahwa desain pembelajaran yang umum dilakukan adalah pembelajaran berbasis masalah, berbasis projek, dan studi kasus. Sedangkan strategi yang digunakan untuk instruksi pembelajaran, antara lain melalui permasalahan sebagai petunjuk, tes, contoh, sarana, dan stimulus. Hal senada juga ditemukan Rizvi, Waite, & Sentance (2023) bahwa desain pembelajaran cukup bervariasi pada setiap jenjang dari pembelajaran berbasis instruksi sampai berbasis projek baik secara individu maupun kelompok.

Desain pembelajaran yang digunakan berdasarkan temuan Lye & Koh (2014) antara lain menggunakan pendekatan berbasis papan interaktif, pendekatan *e-learning* berbasis cerita, visualisasi program melalui konstruksi animasi, kreasi *games*. Desain pembelajaran yang diterapkan antara lain melalui diskusi, eksperimen, dan simulasi menggunakan KA. Kegiatan belajar dalam pembelajaran kecerdasan artifisial antara lain melakukan diskusi setelah menonton film yang berhubungan dengan KA, melakukan simulasi dengan komputer tentang perilaku seperti manusia, bereksperimen sebagai pengguna aktif robot sosial, dan memprogram agen percakapan berbasis KA. Selain itu, peserta didik menggunakan *machine learning* untuk mengklasifikasikan gambar yang diambil sendiri, menggunakan *platform block-based coding*. Peserta didik juga mempelajari KA melalui simulasi

Tema	AI dan Perlindungan Laut
Tujuan Pembelajaran	1. Siswa dapat mengenali prinsip dasar pemrosesan data AI – proses menarik hasil dari informasi; 2. Siswa dapat memahami dan menerapkan prinsip dasar dan proses membuat justifikasi dari AI – mensintesis informasi dan mengidentifikasi objek yang sesuai berdasarkan elemen-elemen kunci yang ditentukan; 3. Siswa dapat memahami konsep prasangka, dan mengenali bahwa AI juga memiliki prasangka dan kesalahan
Bahan	• iPad • Robot yang terhubung dengan AI (*Popbo*, *Clearbot*) *Popbo* = robot yang berfungsi untuk menunjukkan cara AI dapat mengenali objek atau berinteraksi dengan lingkungan sekitar *Clearbot* = robot yang berfungsi untuk untuk mendemonstrasikan bagaimana teknologi AI dapat membantu dalam membersihkan lautan atau merespons sampah dan pencemaran di perairan • Kertas • Gambar • Bahan daur ulang • Konsumabel terkait lainnya
Aktivitas terkait laut	Pembuatan cerita pribadi "Sampah mengapung dan tenggelam"; bermain peran dengan botol plastik bekas; bermain peran terjerat sampah yang menggantung; merancang alat untuk membersihkan lautan.
Aktivitas terkait AI	Total enam aktivitas kelas penuh (dua kegiatan per minggu, masing-masing memakan waktu 30-35 menit) • Aktivitas #1: Pengenalan *Clearbot* • Aktivitas #2: AI berbasis iPad untuk Lautan • Aktivitas #3: Bagaimana AI mengenali objek • Aktivitas #4: Bagaimana AI memproses informasi • Aktivitas #5: Bereaksi dengan segitiga (AI memiliki keterbatasan) • Aktivitas #6: Pengenalan *Popbo*

Gambar 2 Gambaran Umum Kurikulum Pendidikan Dasar di Hong Kong
Sumber: Adopsi dari Yang (2022)

online dan bereksperimen dengan tugas berbasis KA melalui kompetensi robotika.

Dalam penelitiannya, Yang (2022) memberikan contoh bagaimana desain *AI for Kids* untuk mengenalkan anak-anak pada KA dan perannya dalam kehidupan sehari-hari. Kurikulum ini menggunakan metode berbasis projek agar anak-anak dapat belajar KA melalui pengalaman langsung. Fokus utama dari projek dalam kurikulum ini adalah pelestarian lingkungan, khususnya perlindungan laut, yang sesuai dengan minat anak-anak di Hong Kong. Agar lebih relevan secara budaya, kurikulum *AI for Kids* dirancang dengan mempertimbangkan lingkungan sosial setempat. Dengan pendekatan ini, anak-anak bisa memahami dasar-dasar KA sekaligus menyadari bagaimana teknologi ini memengaruhi masyarakat. Pendekatan berbasis budaya ini membuat kurikulum lebih menarik dan inklusif bagi anak-anak. Gambar di atas merupakan contoh desain kurikulum *AI for Kids* pada pendidikan dasar di Hongkong.

2. Pendukung Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial

Pembelajaran koding dan KA membutuhkan kontribusi pendidik dalam proses pembelajaran dan kurikulum yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan jenjang pendidikan (Rizvi dkk., 2023). Keterampilan yang perlu disiapkan oleh guru dalam memfasilitasi pembelajaran koding dan KA adalah pengetahuan tentang literasi digital serta teknologi dan kecerdasan artifisial (Su dkk., 2022).

Sebagai contoh di Swedia, guru bertanggung jawab agar peserta didik mampu menggunakan perangkat digital sejalan dengan cara menstimulasi pengembangan dan pembelajaran. Guru perlu memiliki pengetahuan tentang pendidikan matematika dan pemrograman. Guru juga perlu memperhatikan kemungkinan dan batasan pada pemrograman (Palmér, 2023).

Dalam konteks kesiapan guru, banyak guru yang merasakan kekhawatiran dan kurangnya kepercayaan diri dalam mengajarkan KA karena kurangnya akses untuk mempelajari pengetahuan pedagogis dan materi tentang teknologi yang relevan. Oleh karena itu, salah satu kebutuhan yang penting adalah menyediakan pelatihan profesional yang komprehensif untuk membantu guru meningkatkan pengetahuan dan meningkatkan kemampuan mengajar (Su dkk., 2022).

Pembelajaran koding dan KA membutuhkan infrastruktur dan perangkat yang memadai. Su, Zhong, & Ng (2022) memaparkan bahwa hal yang harus dipersiapkan untuk menunjang pembelajaran, seperti komputer atau perangkat pendukung dan materi yang disusun berbentuk paket (tematik) sebagai bahan ajar guru. Rizvi, Waite, & Sentance (2023) mengemukakan infrastruktur yang diperlukan antara lain kurikulum, materi pembelajaran untuk guru, dan perangkat penunjang praktik belajar pemrograman. Untuk keterampilan, diperlukan guru yang memiliki pengetahuan tentang KA dan

kompetensi dalam menyampaikan pembelajaran berkaitan dengan KA.

Perangkat yang digunakan dalam pembelajaran KA cukup beragam, di antaranya robot dan tablet, Generative Artificial Intelligence, Python, Google Colab, Jupyter Netbooks menjadi alat yang dimanfaatkan selama pembelajaran koding dan KA, Scratch dan App Inventor, platform block-based coding (Rizvi dkk., 2023). Perangkat lunak koding yang paling sering digunakan dalam pembelajaran koding menurut temuan penelitian Mills dkk. (2024) adalah Scratch (32.6%), Lego (Mindstorms, Education WeDo, 6.1%), Game Maker Studio (6.1%), dan Makey Makey (6.1%).

Di sisi lain, infrastruktur dan perangkat ini perlu menyesuaikan dengan kondisi sekolah dan peserta didik. Su, Zhong & Ng (2022) mengemukakan bahwa perangkat pembelajaran perlu menyesuaikan dengan jenjang pendidikan peserta didik. Misalnya, pada pembelajaran anak usia dini dapat menggunakan robot. Di tingkat SD, anak mulai dikenalkan dengan pemrograman dasar menggunakan Scratch dan Python. Sementara pemanfaatan KA mulai digunakan pada tingkat SMP dan SMA.

Pemetaan yang dilakukan UNESCO (2022) menunjukkan beberapa temuan penting terkait pengembangan pembelajaran kecerdasan artifisial. *Pertama,* pemerintah yang menerapkan pembelajaran KA masih terbatas, yaitu baru sejumlah 11 negara. *Kedua,* komitmen kuat dari pemerintah dalam pengembangan kurikulum dan pembelajaran koding dan KA merupakan keniscayaan. *Ketiga,* pengembangan sumber daya dan pelatihan guru merupakan hal yang penting untuk dilakukan. *Keempat,* tujuan dan hasil pembelajaran seharusnya berfokus pada keterampilan utama yang dibutuhkan. *Kelima,* pembelajaran berbasis projek merupakan model yang paling banyak digunakan sebagai sarana pembelajaran KA.

Berdasarkan hal tersebut, UNESCO memberi rekomendasi praktis mengenai kebutuhan yang diperlukan dalam proses pengembangan kurikulum KA, yaitu: melakukan penelitian atau analisis kebutuhan, pengembangan sumber daya untuk guru, pelatihan guru, perekrutan staf tambahan, keterlibatan sektor swasta atau sektor ketiga, peningkatan infrastruktur di sekolah, dan pengadaan sumber daya tambahan untuk sekolah atau ruang kelas (UNESCO, 2022).

C. Praktik Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di Berbagai Negara

Di banyak negara, pembelajaran koding dan KA telah lama menjadi bagian dalam kurikulum nasional mereka. Dalam kajian ini, beberapa negara dipilih sebagai *lessons learned* bagi Indonesia, dengan mempertimbangkan beberapa hal, seperti kedekatan kondisi demografis, sosial ekonomi negara, serta kualitas adaptasi teknologi ke dalam pembelajaran.

1. Tiongkok

Tiongkok mengalami kemajuan pesat dalam teknologi dan inovasi, termasuk koding dan KA. Pembelajaran koding dan KA diintegrasikan ke dalam kurikulum sekolah dasar dan menengah melalui skema inisiatif AI4Future. Inisiatif ini didesain oleh Chinese University of Hong Kong (CUHK) yang mendorong kolaborasi dalam implementasi pembelajaran KA melalui pendekatan beragam sesuai konteks lokal (Chiu, 2021). Tujuan pembelajaran koding dan KA dalam konteks Tiongkok adalah agar siswa tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga pencipta inovasi di masa depan. Penerapan pembelajaran koding sejak dini ini menjadi tren di kalangan orang tua karena dorongan pemerintah Tiongkok agar masyarakatnya melek teknologi, selain bahwa anak-anak juga diharapkan dapat menguasai bahasa pemrograman komputer di usia remaja.

Beberapa dukungan untuk pembelajaran koding dan KA diberikan oleh Pemerintah Tiongkok. *Pertama,* pengenalan prinsip robotik dan KA, serta integrasi pembelajaran koding dalam kurikulum. Upaya ini dilakukan sejak 2017, ketika Pemerintah Tiongkok mengeluarkan rencana pengembangan KA dan menyarankan koding diajarkan di sekolah dasar dan menengah. *Kedua,* penyediaan buku teks KA untuk mendukung pembelajaran. *Ketiga*, penyediaan dukungan untuk *Smart Classroom,* yaitu penyediaan laboratorium KA dan perangkat teknologi yang didanai pemerintah (misalnya perangkat robotika, perangkat lunak pemrograman) di sekolah-sekolah perkotaan dan bantuan untuk sekolah di perdesaan. *Keempat,* pelatihan guru khusus untuk pembelajaran koding dan KA dan penyediaan kursus daring. *Kelima,* program *piloting* di beberapa daerah terkait pemanfaatan koding untuk studi lanjut. Salah satunya, Provinsi Zhejiang mendaftarkan koding sebagai salah satu subjek ujian untuk masuk perguruan tinggi. *Keenam,* kemitraan dengan swasta untuk mendorong pembelajaran, penyediaan platform belajar untuk siswa, serta kursus tambahan seusai jam sekolah, yang umumnya diikuti oleh anak-anak sejak usia di bawah enam tahun.

2. Singapura

Sebagai bagian dari inisiatif Smart Nation, yaitu upaya membekali peserta didik dengan keterampilan digital, pada 2020 Singapura memperkenalkan pembelajaran koding dan KA. Keduanya diintegrasikan dalam kurikulum sekolah dasar dan

menengah dan menjadi bagian dari mata pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), projek antarmata pelajaran, atau ekstrakurikuler (misalnya Program "Code for Fun"). Program Code for Fun (CFF), diluncurkan oleh Infocomm Media Development Authority (IMDA) dan Kementerian Pendidikan (MOE) Singapura (2014), bertujuan mengenalkan peserta didik pada konsep pemikiran komputasional dan kreatif melalui teknologi yang sedang berkembang. Dengan menjangkau lebih dari 50.000 peserta didik setiap tahun, program ini mengajarkan keterampilan dasar dalam pengkodean serta pemahaman mengenai dunia digital yang terus berkembang.

Mulai 2025, modul baru *AI for Fun* akan diperkenalkan untuk memberikan pengalaman langsung dalam bereksperimen dengan KA. Modul ini tidak hanya melanjutkan pembelajaran yang ada, tetapi juga menekankan pentingnya literasi digital, pemahaman tentang KA, dan pertimbangan etika dalam penggunaan teknologi sehingga peserta didik dapat mengembangkan keterampilan yang berguna dalam pendidikan maupun kehidupan sehari-hari.

Pembelajaran koding dan KA dilakukan berjenjang berdasarkan tingkatan sekolah. Keduanya merupakan dua aktivitas pembelajaran yang berbeda, tetapi saling berkaitan. Koding merupakan keterampilan dasar untuk memahami dan mengembangkan KA. Tanpa pemahaman tentang pemrograman, peserta didik tidak dapat membuat atau mengimplementasikan algoritma KA.

Untuk mendorong tercapainya pembelajaran yang optimal, Pemerintah Singapura memberikan beberapa kebijakan dan dukungan. *Pertama,* penyediaan modul KA, khususnya untuk peserta didik sekolah menengah yang mencakup dasar-dasar KA, *machine learning,* dan pengaplikasiannya dalam kehidupan nyata. *Kedua,* program pelatihan melalui *Teacher Training Programmes* yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan Singapura. Selain itu, guru-guru didorong untuk mengikuti kursus *online* dan *workshop* yang diselenggarakan oleh universitas dan perusahaan teknologi, misalnya kursus *Elements of AI* yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman guru tentang KA. *Ketiga,* penyelenggaraan projek lintas mata pelajaran. Di Singapura, sering kali peserta didik banyak terlibat dalam projek yang menggabungkan KA dengan bidang lain, seperti sains, matematika, atau seni. *Keempat,* menyelenggarakan kompetisi KA. Sekolah-sekolah di Singapura sering kali menyelenggarakan berbagai kompetisi KA (misalnya National Olympiad in Informatics dan AI Hackathons) untuk peserta didik dan mendorong peserta didik menerapkan pengetahuan mereka dalam kehidupan sehari-hari.

Kelima, kolaborasi dan kemitraan swasta, seperti universitas/lembaga penelitian untuk mengembangkan materi pembelajaran yang relevan dan mutakhir, atau perusahaan teknologi seperti Google,

Microsoft, dan Apple untuk menyediakan sumber daya dan pelatihan koding dan KA bagi peserta didik dan guru. *Keenam,* pemenuhan infrastruktur dan sumber daya sekolah yang memadai termasuk akses ke komputer, internet berkecepatan tinggi, dan perangkat lunak yang diperlukan untuk pembelajaran koding dan KA. Selain itu, Pemerintah Singapura juga telah menyediakan berbagai sumber daya *online*, seperti platform pembelajaran *Student Learning Space (SLS),* yang di dalamnya mencakup modul koding dan KA untuk peserta didik.

3. India

Kebijakan Pendidikan Nasional India *(National Education Policy/NEP)* menekankan pentingnya penguasaan keterampilan digital oleh siswa, termasuk koding dan KA. Oleh karena itu, pada 2020 NEP merekomendasikan pengenalan koding dan KA sebagai bagian dari kurikulum nasional. Sejak kelas 6 SD, pembelajaran koding mulai diperkenalkan, sedangkan KA di sekolah menengah. Pembelajaran koding dan KA dilakukan sebagai bagian dari mata pelajaran Ilmu Komputer *(Computer Science),* meskipun di beberapa negara bagian seperti Maharashtra dan Karnataka, pembelajaran koding diperkenalkan sebagai mata pelajaran tersendiri yang wajib diajarkan pada sekolah-sekolah menengah.

Setidaknya terdapat empat dukungan yang diberikan dan difasilitasi pemerintah sehingga mendorong perkembangan pembelajaran koding dan KA di India.

Pertama, dukungan infrastruktur dan sumber daya pembelajaran. India memiliki program *Digital India Initiative* yang bertujuan untuk meningkatkan infrastruktur teknologi di sekolah, seperti akses ke komputer, internet, dan perangkat lunak yang diperlukan. Selain itu, sejak 2016 India juga memiliki program yang mendorong keterampilan STEM (sains, teknologi, teknik, dan matematika) dan kewirausahaan di kalangan siswa. Untuk mendorong pemenuhan akses pembelajaran digital di India, pemerintah menyediakan DIKSHA –platform pembelajaran untuk guru, siswa, dan orang tua di jenjang pendidikan dasar menengah, dan SWAYAM, –platform *massive open online course (MOOC)* yang menyediakan kursus bagi peserta didik di tingkat sekolah hingga perguruan tinggi.

Kedua, penyediaan program dan aktivitas di sekolah yang mendorong minat siswa terhadap koding dan KA. Di India, berbagai kompetisi dan *hackathon* koding dan KA sering dilakukan di sekolah. *Hackathon* merupakan kegiatan/kompetisi yang melibatkan individu atau tim yang saling berkolaborasi dalam waktu yang singkat (1 atau 2 hari) untuk menciptakan solusi teknologi seperti perangkat lunak, aplikasi, ataupun prototipe untuk menyelesaikan tantangan tertentu. Beberapa program yang dilakukan adalah *National Children's Science Congress* dan *Smart India Hackathon*. Selain itu, banyak sekolah di India memiliki klub sains dan teknologi serta menyelenggarakan ekstrakurikuler teknologi, di mana siswa dapat

mengeksplorasi minat mereka dalam koding, robotik, dan KA.

Ketiga, program peningkatan kapasitas bidang koding dan KA melalui *AI for All*, yaitu penyediaan kursus daring gratis tentang KA yang menyasar siswa, guru, dan masyarakat umum. Khusus bagi guru, pemerintah dan organisasi swasta juga menyelenggarakan pelatihan terkait keterampilan teknis dan metode pembelajaran koding dan KA. Pemerintah juga mengadopsi kursus yang dilakukan oleh Finlandia, untuk diikuti oleh para guru di India melalui kursus *Elements of AI* secara daring.

Keempat, kemitraan dengan swasta. Untuk memenuhi kebutuhan sumber daya pelatihan serta membantu siswa mempelajari koding dan KA, beberapa perusahaan teknologi seperti Microsoft, Google, dan IBM bermitra dengan sekolah-sekolah di India melalui berbagai program.

4. Korea Selatan

Pada 2015, Korea Selatan menerapkan pembelajaran KA sebagai mata pelajaran wajib sejak SD. Mata pelajaran ini akan mengajarkan koding, prinsip dasar KA, aplikasi KA, etika penggunaan KA, dan matematika KA. Pada 2019, Pemerintah Korea Selatan melakukan kebijakan lanjutan yang berisi rencana penambahan waktu pembelajaran, penetapan kurikulum, penetapan pendidikan informatika dan KA di semua jenjang sekolah, peningkatan pelatihan guru, dan peningkatan infrastruktur teknis, seperti perangkat digital, sistem LMS, dan jaringan. Seiring meningkatnya permintaan terkait pembelajaran KA, mata pelajaran terkait dasar-dasar KA dan matematika KA ditambahkan sebagai mata pelajaran pilihan di sekolah menengah atas pada 2020.

Pemerintah Korea Selatan telah menerapkan berbagai kebijakan untuk mendukung pembelajaran koding dan KA. *Pertama,* KA sebagai komponen terintegrasi dalam kurikulum pendidikan komputer melalui mata pelajaran informatika. *Kedua,* dukungan pembelajaran melalui revisi kurikulum. Pada 2022, Kementerian Pendidikan Korea Selatan melakukan revisi kurikulum dan akan berlaku sejak 2025. Dalam revisi tersebut, ditekankan pentingnya menciptakan lingkungan untuk pendidikan digital dan pemanfaatan KA dalam pendidikan, meliputi pembelajaran KA dan perangkat lunak, dasar-dasar teknologi digital, dan etikanya. *Ketiga,* penyediaan buku digital untuk mendukung pembelajaran. Pemerintah juga menyediakan perangkat pembelajaran berbasis KA, seperti buku digital yang akan diperkenalkan secara bertahap melalui buku teks pelajaran pada 2025.

5. Australia

Kurikulum Australia membahas pembelajaran tentang KA melalui konten dalam bidang pembelajaran Matematika dan Teknologi mulai dari kelas fondasi hingga kelas 10. Selain bidang Teknologi dan Matematika, KA juga dielaborasi di bidang pembelajaran lain seperti Sains.

Kurikulum ini juga terhubung dengan elemen-elemen kunci dan gagasan pengorganisasian dari kemampuan umum dan prioritas lintas kurikulum.

Dalam kurikulum Teknologi, siswa mempelajari tentang konsep inti yang berkaitan dengan KA termasuk data, berpikir komputasional, dan berpikir sistematis. Pada bidang pembelajaran Matematika, Teknologi, dan mata pelajaran Teknologi Digital KA diajarkan agar siswa memiliki kemampuan umum literasi digital, pemahaman etika, berpikir kritis dan kreatif, dan numerasi, termasuk penerapan AI yang bertanggung jawab oleh siswa.

Beberapa dukungan diberikan oleh Pemerintah Australia. *Pertama,* integrasi pembelajaran koding dan KA dalam kurikulum. Upaya ini dilakukan untuk memastikan semua siswa mendapatkan kesempatan untuk mempelajari tentang koding dan KA sesuai dengan jenjang usianya. Agar dapat memberikan cara pembelajaran yang sesuai kepada siswa, kurikulum juga menyediakan elaborasi konten yang menjadi panduan bagi guru dalam melakukan pendekatan pengajaran yang sesuai, sumber daya yang tersedia, dan cara menilai pemahaman siswa.

Kedua, *pelatihan/lokakarya* kepada sekolah dengan dengan peringkat indeks yang rendah pada Community Socio-Educational Advantage (ICSEA). Terdapat 160 sekolah yang berpartisipasi dalam *Digital Project Technologies in Focus* (DTiF) yang dirancang untuk mendorong kolaborasi antar sekolah dan seluruh sekolah, yang didukung oleh petugas kurikulum. Sejak Juli 2017, para pemimpin dan guru dari sekolah-sekolah ini telah mengikuti lokakarya untuk membantu mereka menerapkan Teknologi Digital. *Ketiga,* kolaborasi dan kemitraan dengan swasta dan universitas untuk mengadakan pelatihan, workshop, dan kompetisi bidang koding dan AI.

Tabel 1 | Perbandingan Pembelajaran Koding dan KA di Berbagai Negara

Negara	Pengorganisasian Mata Pelajaran	Strategi Pembelajaran	Tantangan Implementasi
Tiongkok	Menjadi **mata pelajaran tersendiri**	Diterapkan pada jenjang pendidikan dasar dan Menengah. <u>KA</u>: • **SD Kelas awal**: fokus eksplorasi dan memiliki pengalaman/ pengenalan dasar menggunakan KA • **SD kelas tinggi - SMP**: fokus pada pemahaman dan penerapan KA	• Belum meratanya pembelajaran KA di daerah pedesaan • Belum meratanya dukungan dana sebagai penunjang • Kurangnya pelatihan guru • Kurangnya jam sekolah untuk kegiatan belajar KA • Kurikulum yang belum matang, serta perangkat dan sistem evaluasi terkait

Negara	Pengorganisasian Mata Pelajaran	Strategi Pembelajaran	Tantangan Implementasi
		• **SMA**: melakukan projek dan aplikasi tingkat lanjut	(Sumber: Gong dkk., 2020; Huang, 2021)
Singapura	***Koding***: Integrasi pada mapel ***TIK***, **projek antarmapel** dan **ekstrakurikuler**. ***KA***: Integrasi pada mapel ***Matematika, Sains dan Teknologi***	Diterapkan pada jenjang pendidikan dasar dan Menengah. ***Koding***: • **SD**: pengenalan konsep dasar koding • **SMP**: bahasa pemrograman sederhana • **SMA**: koding lanjutan dan perangkat lunak ***KA***: Pengenalan konsep AI, *machine learning*, dan analisis data. .	• Koding dan KA adalah bidang yang berkembang cepat sehingga integrasinya dalam kurikulum dan disiplin ilmu lain membutuhkan upaya dan perencanaan yang matang untuk memastikan pembelajaran yang holistik • Guru terbebani tugas administratif dan kurikulum inti, sehingga menambahkan materi baru seperti koding dan KA berisiko meningkatkan tekanan pada guru karena kompetensi guru beragam • Guru belum cukup percaya diri terkait keterampilannya dalam mengajar materi koding dan KA • *Software* koding *dan* KA sering kali mahal sehingga memerlukan alokasi anggaran khusus. • Tidak semua siswa memiliki minat/bakat di bidang teknologi, sehingga perlu upaya lebih kuat • Adanya kekhawatiran orang tua terhadap dampak negatif teknologi (Sumber: UNESCO, 2023)
India	***Koding***: Diintegrasikan pada *mapel* ***Ilmu Komputer***. *Di beberapa negara bagian, koding menjadi* ***mapel tersendiri*** ***KA:*** *Sebagai* ***mapel pilihan*** *atau modul khusus*	***Koding***: Diterapkan sejak kelas 6 SD. Pembelajaran bertahap dari pengenalan dasar, hingga lanjutan dan pengembangan perangkat lunak. ***KA***: Sejak jenjang menengah (kelas 9-12). Memperkenalkan konsep AI, *machine learning* dan analisis data.	• Kesenjangan infrastruktur antara sekolah di kota dan perdesaan, khususnya keterbatasan akses ke komputer dan internet yang memadai • Keterbatasan kapasitas guru karena latar belakang pendidikan guru yang beragam, sementara tidak semua guru terlatih dalam bidang koding dan KA

Negara	Pengorganisasian Mata Pelajaran	Strategi Pembelajaran	Tantangan Implementasi
			• Adanya resistensi dari guru terhadap kebijakan karena kekhawatiran privasi data, etika, dan integritas akademik • Bias gender, khususnya pada siswa perempuan dalam mendapatkan kesempatan pembelajaran berbasis teknologi • Kesulitan pemahaman karena penggunaan bahasa dalam materi pembelajaran yang mayoritas bahasa Inggris, khususnya bagi siswa dan guru di perdesaan yang hanya memahami bahasa daerah mereka • Kurikulum yang beragam di beberapa negara bagian yang dapat menyebabkan ketidakseragaman dalam implementasi pembelajaran koding dan KA (Sumber: Damodaran & Kanwar, 2025)
Korea Selatan	• <u>**SD**</u>: integrasi dalam pembelajaran melalui kegiatan bermain • <u>**SMP**</u>: integrasi ke mapel ***informatika, sains, atau teknologi*** • <u>**SMA**</u>: menjadi ***mapel pilihan*** umum	Diterapkan pada jenjang pendidikan dasar dan Menengah. Materi yang diajarkan terkait koding, prinsip dasar KA, aplikasi KA, etika penggunaan KA, dan matematika KA.	• Pada awal implementasi, para guru mengalami kendala dalam pengajaran KA di sekolah karena belum jelasnya peta jalan dan kurikulum • Tidak semua guru kompeten merancang kurikulum pembelajaran KA atau mengintegrasikan ke dalam pembelajaran mereka, serta bagaimana mengelola pembelajaran karena tidak memiliki pengalaman pendidikan formal dalam bidang AI • Tantangan pedagogis, yaitu guru memiliki keterbatasan dalam merancang dan mendukung siswa berinteraksi, berkolaborasi, dan belajar tentang dan

Negara	Pengorganisasian Mata Pelajaran	Strategi Pembelajaran	Tantangan Implementasi
			bersama AI (misalnya kesulitan memberikan pembelajaran sesuai usia siswa) • Kesulitan guru mendesain pembelajaran AI yang efektif karena berkaitan dengan kompetensi dan infrastruktur pembelajaran yang perlu penyesuaian kembali. • Tantangan budaya sekolah, persepsi dan keberterimaan lingkungan dan juga diri guru sendiri terkait dengan teknologi baru. (Sumber: Kim & Kwon, 2023; Lee & Jeong, 2023, https://english.moe.go.kr, n.d)
Australia	• **Jenjang dasar**: Integrasi KA dengan ***matematika dan teknologi digital*** • **Jenjang menengah**: integrasi ke mapel ***matematika, sains, teknologi digital, serta desain dan teknologi***	Diterapkan pada jenjang pendidikan dasar dan Menengah. Materi disampaikan secara bertahap, misalnya bermain dengan robot (level 1), merakit robot sederhana dengan Lego (level 2), pengenalan instruksi koding (level 3), isu AI (jenjang menengah)	• Pada awal penerapan, kesulitan menyelaraskan tujuan mengajar koding dan urgensinya ke tujuan pembelajaran SD dan SMP • Kurangnya dukungan untuk SDM guru terkait bimbingan pemanfaatan bahan ajar • Kekhawatiran terhadap isu etika dalam berteknologi (Sumber: https://v9.australiancurriculum.edu.au)

Gambaran praktik pembelajaran di berbagai negara di atas memberikan beberapa pelajaran. *Pertama,* berbagai negara telah menjadikan koding dan KA sebagai bagian dari kurikulum yang diajarkan di sekolah-sekolah. Singapura dan Korea Selatan menerapkan pembelajaran koding dan KA secara terintegrasi dengan mata pelajaran ilmu komputer dan teknologi, matematika, ataupun sains. Namun ada pula yang menerapkannya mata pelajaran terpisah (mata pelajaran Koding dan KA), seperti ditemukan di Tiongkok dan beberapa negara bagian di India.

Kedua, pembelajaran koding dan KA diterapkan mulai dari jenjang pendidikan dasar hingga menengah. Selain itu, strategi penerapannya juga dilakukan secara bertahap, diawali pengenalan konsep,

pengenalan *tools* dan alat bantu pembelajaran, pemahaman instruksi atau bahasa pemrograman, hingga kontekstualisasi untuk pemecahan masalah sehari-hari melalui pembelajaran projek.

Ketiga, pembelajaran koding dan KA disampaikan secara terstruktur sebagai bagian dari kompetensi inti yang harus dikuasai siswa. Di beberapa negara, tujuan pembelajaran didesain agar mampu mencetak lulusan dengan capaian dan kompetensi yang spesifik. Contohnya di Tiongkok dan India, pembelajaran koding dan KA bertujuan agar siswa tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga pencipta inovasi di masa depan. Selain itu, pemahaman siswa terkait etika berteknologi juga menjadi salah satu target capaian pembelajaran, misalnya di Australia dan Singapura.

Keempat, dukungan kebijakan disediakan agar implementasinya dapat berjalan optimal. Dalam konteks ini, pemerintah berupaya memastikan kesiapan dan ketersediaan beberapa faktor kunci sebelum pembelajaran ini diimplementasikan di sekolah, seperti ketersediaan infrastruktur digital dan akses internet yang memadai, kompetensi guru, penyediaan buku panduan atau perangkat pembelajaran, serta dukungan-dukungan lainnya. Pemerintah Korea Selatan, Tiongkok, maupun Singapura, memberikan dukungan buku teks maupun panduan pembelajaran koding dan KA. Selain itu, penyediaan infrastruktur juga dilakukan untuk memastikan sekolah-sekolah memiliki perangkat dan akses internet yang memadai. Di Tiongkok, pemerintah memiliki program Lab Smart Classroom, yaitu dukungan kepada sekolah-sekolah untuk pengembangan pembelajaran STEM *(science, technology, engineering,* dan *mathematics)*. Sementara di India, pemerintah menyediakan platform pembelajaran digital yang dapat diakses guru, siswa, maupun orang tua, serta menyediakan *massive open online courses (MOOC)* untuk meningkatkan kompetensi guru dan masyarakat terkait koding dan KA.

Kelima, penyiapan kompetensi guru yang akan mengajarkan koding dan KA merupakan faktor penting. Temuan di Korea Selatan menggambarkan, tidak semua guru kompeten merancang kurikulum pembelajaran KA atau mengintegrasikan KA ke dalam pembelajaran mereka, khususnya pada guru-guru yang belum memiliki pengalaman pendidikan formal di bidang KA. Kondisi ini menyebabkan timbulnya tantangan pedagogis, yaitu keterbatasan guru dalam merancang dan mendukung siswa dalam berinteraksi, berkolaborasi, dan belajar tentang dan bersama KA (misalnya kesulitan memberikan pembelajaran sesuai usia siswa). Berbagai hal berkaitan dengan isu kapasitas dan kompetensi guru ini perlu menjadi perhatian jika nantinya pembelajaran koding dan KA akan diterapkan di Indonesia.

D. Praktik Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di Indonesia

Meskipun belum semasif di negara-negara lain, pembelajaran koding dan KA juga mulai dipraktikkan pada beberapa sekolah di Indonesia. Pada sekolah-sekolah di Indonesia, umumnya koding dan KA merupakan bagian dari ekstrakurikuler yang disediakan untuk dipilih peserta didik. Selain dimaksudkan untuk mendorong keterampilan teknis, pembelajaran koding dan KA yang dilakukan juga berfokus pada penumbuhan kemampuan berpikir komputasional (logis dan analitis) peserta didik. Di SMA Hellomotion, Tangerang Selatan misalnya, ekstrakurikuler koding dan KA berfokus pada keterampilan siswa dalam pengembangan aplikasi dan *game*. Di beberapa sekolah lainnya, kompetisi koding dan KA juga dilakukan sebagai upaya mendorong kreativitas dan memperkenalkan siswa pada pengetahuan mengenai koding dan KA, seperti yang dilakukan di SDK Penabur, Jakarta. Ada pula sekolah yang menawarkan pembelajaran koding sebagai mata pelajaran pilihan, sebagaimana yang dilakukan oleh SMAIT Al Haraki Depok. Namun untuk materi terkait KA, sekolah ini sudah mengintegrasikannya dalam pembelajaran Informatika. Pengintegrasian koding dan KA ke mata pelajaran informatika juga ditemukan di SMPN 126 Jakarta.

Dalam praktiknya, pembelajaran koding dan KA diajarkan secara bertahap, yaitu pada hal-hal mendasar untuk membangun kemampuan berpikir sistematis dan analitis, hingga di tingkat pemahaman yang lebih kompleks. Di SMP Islam Harapan Ibu, Jakarta, pembelajaran dimulai dari pengenalan algoritma dasar, konsep urutan perintah yang berulang dan terus-menerus *(looping)*, hingga pengerjaan projek akhir yang memanfaatkan perangkat berbasis iOS. Di SMP Negeri 2 Kota Bandung, dasar-dasar KA diperkenalkan melalui pemanfaatan KA generatif, sedangkan untuk koding, siswa diajarkan platform koding serta projek berbasis perangkat IoT, seperti merancang tong sampah pintar yang dapat mendeteksi dan memilah sampah secara otomatis. Pembelajaran ini dilakukan secara bertahap dan menyesuaikan konten pembelajarannya agar sesuai jenjang kelas siswa.

Desain dan penerapan bertahap pembelajaran koding dan KA berdasarkan jenjang kelas peserta didik dan konten pembelajaran dilakukan untuk menjamin adanya kesinambungan pemahaman yang akan dibangun. Di SMAN 1 Kota Bandung, pembelajaran koding dan KA mulai diperkenalkan sejak kelas 10, yaitu berupa pengantar dasar, kemudian berlanjut pada penerapan materi dan aplikasi di kelas 11, serta penyelesaian projek akhir yang lebih kompleks di kelas 12. Berbagai metode dan *tools* yang selama ini digunakan pada sekolah-sekolah yang telah menerapkan koding dan KA, ditujukan agar pembelajaran tidak sekadar membekali peserta didik dengan keterampilan teknis, tetapi juga sesuai dengan kesiapan peserta

didik sehingga dapat mendorong inovasi dan kreativitas peserta didik.

Metode pengajaran koding dan KA tidak selalu mensyaratkan adanya perangkat yang terkoneksi dengan listrik (*plugged*). Di SMAS Sukma Bangsa, Kabupaten Sigi, sekolah mengintegrasikan *computational thinking* dan konsep *unplugged coding* dalam pembelajaran informatika. Pembelajaran ini dilakukan dengan menggunakan *tangible kit*. Dalam hal ini, peserta didik hanya memerlukan ponsel dan seperangkat alat pendukung yang relatif mudah diakses. Metode *unplugged coding* yang diterapkan memungkinkan peserta didik belajar pemrograman tanpa bergantung pada komputer, sehingga pembelajaran lebih fleksibel dan dapat diadaptasi dalam berbagai kondisi.

Dari berbagai praktik tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat tiga bentuk penerapan pembelajaran koding dan KA yang selama ini telah dilakukan oleh sekolah-sekolah di Indonesia, yaitu terintegrasi ke dalam mata pelajaran yang ada, menjadi mata pelajaran pilihan, dan menjadi bagian dari kegiatan ekstrakurikuler (llihat Tabel 2).

Tabel 2 | Ragam Bentuk Penerapan Pembelajaran Koding dan KA

No	Bentuk Pembelajaran	Cara Penerapan	Penjelasan
1	Terintegrasi ke dalam mata pelajaran yang telah ada	Diterapkan berjenjang sesuai tingkat kelas	Koding dan KA diintegrasikan dalam pembelajaran informatika atau TIK
2	Mata pelajaran pilihan	Diterapkan berjenjang sesuai tingkat kelas	Koding dan KA merupakan mata pelajaran pilihan yang dapat dipilih peserta didik sesuai kebutuhan dan minat mereka
3	Ekstrakurikuler	Umumnya didahului dengan *placement test* untuk mengetahui kesiapan atau kemampuan awal peserta didik	Sekolah menyediakan ekstrakurikuler koding dan KA yang dapat diikuti peserta didik di luar jam pelajaran, biasanya dilakukan juga kompetisi di momen tertentu

Sumber: Hasil DKT dan Kunjungan Lapangan Pengembangan Pembelajaran Koding dan KA, November – Desember 2024

E. Tantangan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di Indonesia

Temuan praktik pembelajaran koding dan KA pada sekolah-sekolah di Indonesia seperti dibahas di bagian sebelumnya menunjukkan bahwa bidang ilmu ini bukan merupakan hal yang baru. Meskipun begitu, terdapat perbedaan eksplisit yang terlihat pada praktik pembelajaran di sekolah-

sekolah di Indonesia dan negara lain. Di negara lain, umumnya koding dan KA terintegrasi dalam mata pelajaran yang telah ada (misalnya sains, matematika, teknologi, atau seni), atau menjadi bagian dari intrakurikuler. Hal ini bermakna, seluruh pembelajaran yang dilakukan harus dapat mendorong kemampuan berpikir komputasional peserta didik – capaian pembelajaran yang didorong melalui koding dan KA.

Hal itu berbeda dengan praktik di sekolah-sekolah Indonesia, di mana pembelajaran koding dilakukan dalam tiga bentuk tergantung konteks sekolah, yaitu terintegrasi ke dalam mata pelajaran yang ada, menjadi mata pelajaran pilihan, atau menjadi bagian dari kegiatan ekstrakurikuler. Namun demikian, hingga saat ini belum banyak sekolah yang menerapkan koding dan KA sebagai bagian terintegrasi dalam pembelajaran intrakurikuler dan menjadi landasan tentang pentingnya memasukkan kemampuan berpikir komputasional sebagai bagian dari capaian pembelajaran yang perlu diajarkan.

Koding dan KA telah menjadi kebutuhan untuk diterapkan dalam pembelajaran pada sekolah-sekolah di Indonesia. Oleh karena itu, pelaksanaannya dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran intrakurikuler, baik sebagai mata pelajaran tersendiri, atau menjadi bagian yang terintegrasi dengan mata pelajaran lain. Pada prinsipnya, kebijakan pelaksanaan yang bertahap, tidak wajib atau menjadi pilihan, dan fleksibel perlu diterapkan agar pelaksanaannya dapat disesuaikan dengan kesiapan dan kemampuan sekolah.

Gambaran mengenai kebijakan pembelajaran koding dan KA di beberapa negara dan kondisi Indonesia saat ini memberikan pembelajaran (*lesson learned*) terkait tantangan yang mungkin dihadapi jika kebijakan serupa diterapkan di Indonesia. Selain itu, data dari Government AI Readiness Index pada 2024 menunjukkan, di antara negara ASEAN, Indonesia berada di urutan keempat dan berada di urutan ke-42 di tingkat global dalam hal kesiapan menerapkan KA, dengan sektor teknologi yang merupakan pilar utama memiliki skor terendah (OxfordInsight, 2024). Peringkat ini terbilang rendah dibandingkan negara-negara berkembang lainnya.

Dari gambaran tersebut, setidaknya terdapat empat tantangan yang akan dihadapi jika pembelajaran koding dan KA akan diterapkan sebagai kebijakan, yakni kesenjangan infrastruktur teknologi di sekolah; kesiapan tenaga pengajar; keterbatasan pemahaman tentang risiko dan etika penggunaan teknologi dalam pembelajaran, dan miskonsepsi di daerah yang memandang kebijakan pemerintah pusat "wajib dilakukan" tanpa mempertimbangkan kondisi kesiapan sekolah di daerah.

1. Tantangan Kesenjangan Infrastruktur Teknologi di Sekolah

Beberapa studi menunjukkan bahwa faktor geografis timur dan barat Indonesia masih

menjadi sumber ketimpangan baik secara ekonomi maupun pendidikan (Azizah, 2015; Sihombing, 2019; dan Kurniawan dkk., 2019). Dalam konteks penerapan kurikulum, kesenjangan geografis ini dapat diatribusikan kepada kesenjangan digital yang memang masih terjadi antarwilayah di Indonesia (Kartiasih dkk., 2022).

Ketersediaan jaringan listrik, kepemilikan komputer, serta akses internet, dapat menjadi penghambat utama terselenggaranya pembelajaran koding dan KA pada sekolah-sekolah di Indonesia. Infrastruktur berupa perangkat teknologi dan internet merupakan prasyarat utama untuk pendidikan berbasis teknologi (Warschauer, 2003). Studi Thakur (2014) di India melaporkan bahwa meskipun penggunaan komputer di India telah dikenalkan sejak 1990-an, namun sebagian besar sekolah di perdesaan belum memiliki akses terhadap komputer, sehingga pembelajaran berbasis teknologi hanya terpusat di kota besar. Dalam konteks Indonesia, studi yang dilakukan INOVASI pada 2022 menyimpulkan bahwa peserta didik di perdesaan dan daerah terpencil memiliki lebih sedikit akses ke koneksi internet dan perangkat teknologi untuk mendukung pembelajaran mereka dibandingkan dengan peserta didik di perkotaan (Pascoe dkk., 2022). Implikasinya, pembelajaran yang membutuhkan konektivitas teknologi di daerah-daerah ini, tidak optimal atau bahkan tidak dapat dilakukan.

Di Indonesia, tantangan kesenjangan infrastruktur teknologi di sekolah perlu menjadi perhatian dalam inisiasi kebijakan pembelajaran koding dan KA. Data pokok pendidikan (Dapodik) 2024 menunjukkan, sebagian besar sekolah sudah terakses listrik dan internet, serta memiliki setidaknya satu unit komputer (Tabel 3). Namun, jika ditelisik lebih dalam, data menunjukkan hanya 22% SD yang memiliki komputer lebih dari 15 unit. Jumlah ini dapat dikatakan kurang memadai jika dibandingkan dengan rata-rata jumlah siswa SD yang ada di setiap sekolah. Sementara itu, pada jenjang pendidikan menengah, baru 69% SMA dan 60% SMK yang mampu memenuhi kriteria tersebut.

Tidak hanya terjadi antarjenjang pendidikan, kesenjangan infrastruktur teknologi di sekolah juga terjadi antardaerah di Indonesia. Di Kabupaten Mamberamo Raya, Papua hanya 9% sekolah jenjang SMP yang memiliki komputer lebih dari lima unit. Serupa dengan kondisi tersebut, di Kabupaten Nias Selatan, Sumatra Utara hanya 11% sekolah jenjang SMP yang memiliki komputer lebih dari lima unit. Kondisi ini sangat kontras jika dibandingkan dengan Kota Madiun, Jawa Timur yang 91% sekolah jenjang SMP-nya memiliki komputer lebih dari lima unit. Namun demikian, data ketersediaan ini belum menggambarkan kondisi sebenarnya perangkat unit komputer yang tersedia, apakah memadai atau tidak. Tantangan ini menyiratkan perlunya kebijakan asimetris

terhadap sekolah atau daerah dengan kondisi yang beragam.

Tabel 3 | Jumlah Sekolah berdasarkan Ketersediaan Listrik, Internet, dan Komputer

No	Jenjang	Sekolah	Listrik		Internet		Komputer	
1	SD	149.477	147.184	98,5%	121.647	81,4%	110.058	73,6%
2	SMP	43.508	43.280	99,5%	36.911	84,8%	39.319	90,4%
3	SMA	14.835	14.793	99,7%	13.293	89,6%	13.350	90,0%
4	SMK	14.460	14.445	99,9%	13.290	91,9%	12.996	89,9%
Jumlah		**222.280**	**219.702**	**98,8%**	**185.141**	**83,3%**	**175.723**	**79,1%**

Sumber: diolah dari Dapodik, 2024

2. Tantangan Kesiapan dan Kompetensi Guru

Guru menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan pembelajaran. Dalam konteks ini, inisiatif kebijakan pembelajaran koding dan KA berpotensi menghadapi tantangan terkait kompetensi dan *growth mindset* (pola pikir berkembang) guru. Studi kasus pengenalan pembelajaran pemrograman dan berpikir komputasional di India menunjukkan keterbatasan kapasitas guru karena latar belakang pendidikan guru yang beragam menjadi tantangan dalam implementasi kebijakan ini di sekolah (Sharma, 2024). Bahkan di negara maju seperti Singapura dan Korea Selatan, kesiapan guru dalam pembelajaran koding dan KA pun tetap menjadi tantangan. Meskipun sebagian besar guru di kedua negara itu memiliki latar belakang pendidikan yang tinggi (S2), tetapi kecepatan perkembangan teknologi dan tuntutan pembelajaran koding dan KA, membuat guru dengan latar belakang pendidikan bukan teknologi dan bukan pengajar STEM kurang percaya diri menghadapi perubahan tersebut (UNESCO, 2023; Kim & Kwon, 2023).

Di Indonesia, indikasi tantangan kompetensi guru dalam pembelajaran koding dan KA terlihat saat pembelajaran jarak jauh dilaksanakan pada masa pandemi COVID-19. Laporan studi UNICEF (2020), menunjukkan terdapat 67% guru yang melaporkan kendala dalam mengoperasikan perangkat dan menggunakan platform pembelajaran *online*. Padahal, koding dan KA memerlukan kompetensi yang lebih tinggi dari sekadar penggunaan aplikasi dan platform pembelajaran digital yang relatif lebih sederhana. Data ini menunjukkan potensi bahwa belum semua sekolah memiliki guru dengan kompetensi dasar sebagai pengajar koding dan KA. Dalam konteks ini, kurangnya pelatihan guru

dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran yang efektif turut memengaruhi munculnya tantangan ini (UNESCO, 2023).

Di samping itu, tantangan terkait kompetensi guru ini makin perlu menjadi perhatian ketika sebagian besar guru tidak memiliki pola pikir berkembang dan terbuka terhadap perubahan sehingga menghambat proses peningkatan kapasitas mereka. Studi Pratiwi & Utama (2024) menunjukkan bahwa dalam konteks perubahan kurikulum salah satu kendala yang dihadapi adalah rendahnya motivasi belajar guru sehingga praktik belajar mandiri (*self-directed learning*) tidak berkembang. Kondisi ini dipengaruhi oleh tingginya beban administrasi guru yang disertai dengan rendahnya motivasi mereka dan kurangnya dukungan pengembangan profesi.

3. Potensi Risiko Penggunaan Teknologi yang Meningkat

Berbagai studi menyimpulkan temuan bernada skeptis terkait pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran, seperti penggunaan teknologi yang tidak selalu berdampak positif terhadap prestasi belajar siswa (Kanuka & Keland, 2008; Passey & Higgins, 2011) dan dampak negatif akses internet sebagai sumber belajar karena potensi distraksinya (Cole & Hilliard, 2006; Richards dkk., 2008). Dalam literatur yang lain dijelaskan bahwa dampak yang dihasilkan teknologi sangat bergantung pada seberapa optimal teknologi tersebut dimanfaatkan untuk mendorong peningkatan kualitas pembelajaran (Passey & Higgins dkk., 2011).

Praktik pembelajaran koding dan KA merupakan aktivitas yang dekat dengan teknologi, jaringan internet, dan keterbukaan informasi. Dalam hal ini, sering kali peserta didik diberikan akses yang lebih terbuka terhadap perangkat digital/gawai yang umumnya terkoneksi dengan internet dalam jangka waktu yang tidak menentu. Artinya praktik tersebut akan membuka peluang peserta didik berinteraksi lebih intensif dengan teknologi dan internet sehingga dapat berimplikasi pada potensi mereka terdistraksi dengan hal-hal lain di luar pembelajaran. Kekhawatiran potensi distraksi ini menjadi temuan di Singapura (UNESCO, 2023) dan juga disampaikan guru dalam DKT Pengembangan Pembelajaran Koding dan KA untuk peserta didik pada 2024 lalu.

Dalam hal ini, peran guru sebagai pendamping dan fasilitator pembelajaran sangat penting untuk memastikan akses peserta didik terhadap teknologi dan internet dapat terarah. Pemahaman mengenai etika dan privasi data perlu ditumbuhkan pada peserta didik agar secara mandiri dapat memilah dan memilih aktivitas serta konten apa saja yang relevan dengan kebutuhan belajar mereka. Praktik pembelajaran KA di Australia misalnya, juga memasukkan pemahaman terkait etika sebagai salah satu capaian belajar mereka (v9.australiancurriculum.edu.au).

Selain itu, peran orang tua juga penting, khususnya pada siswa sekolah dasar yang relatif masih memerlukan banyak

pendampingan belajar. Peran orang tua ini diperlukan utamanya dalam mengawasi interaksi siswa dengan perangkat teknologi/gawai setelah aktivitas pembelajaran berakhir atau ketika siswa berada di rumah.

4. Kecenderungan *Compliance* dalam Implementasi Kebijakan

Dalam konteks implementasi kebijakan, respons dan antusiasme yang berlebihan dari pemerintah daerah (pemda) dan sekolah juga dapat menjadi tantangan, termasuk kebijakan pembelajaran koding dan KA ini. Dukungan pemda dan sekolah merupakan faktor penting dalam implementasi kebijakan dari pusat. Namun demikian, antusiasme tersebut apabila tidak diimbangi oleh dukungan yang tepat dan memadai dapat membuat implementasi kebijakan tidak dapat berjalan optimal.

Belajar dari pengalaman kebijakan implementasi Kurikulum Merdeka pada 2022, mispersepsi terjadi ketika pemda dan sekolah memaknai Kurikulum Merdeka sebagai kebijakan yang “wajib” dilakukan di sekolah tanpa mempertimbangkan kesiapan dan memberikan dukungan memadai terhadap proses implementasinya. Dalam hal ini, sebagian besar pemda “menginstruksikan” sekolah di daerahnya untuk mendaftarkan dan mengimplementasikan kurikulum baru ini, tanpa menekankan pada faktor kesiapan dan upaya memberikan dukungan kepada sekolah. Tingginya jumlah sekolah yang mengimplementasikan kurikulum ini membuat dukungan untuk melakukan fasilitasi dan pendampingan terhadap sekolah-sekolah yang mengimplementasikan kurikulum ini menjadi kurang optimal. Hal itu mengakibatkan hanya 34% sekolah yang mampu mengimplementasikan praktik pembelajaran dan asesmen yang sesuai dengan kurikulum dengan kategori “baik” dan “sangat baik” (PSKP, 2024).

Belajar dari pengalaman tersebut, peran dan dukungan berbagai pemangku kepentingan sangat diperlukan, utamanya pemda dalam memastikan tersedianya mekanisme dukungan agar penyelenggaraan pembelajaran koding dan KA di sekolah dapat sesuai harapan. Dalam hal ini, fasilitasi dan pendampingan terhadap sekolah pelaksana perlu diberikan. Selain itu, penting juga memastikan bahwa kebijakan ini dapat dijalankan secara fleksibel sesuai kondisi dan kebutuhan sekolah, agar tidak dipersepsikan hanya sebagai kewajiban yang harus dijalankan (*compliance*), sehingga menambah beban mengajar guru dan beban pembelajaran bagi peserta didik.

Arah Kebijakan Koding dan Kecerdasan Artifisial

A. Kurikulum

Menurut Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, kurikulum adalah seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu. Pengembangan kurikulum merupakan upaya yang sistematis menyesuaikan dengan kebutuhan peserta didik, perkembangan zaman, dan tujuan pendidikan. Lingkup kurikulum tidak hanya terbatas pada intrakurikuler, tetapi dapat diterapkan pada kokurikuler atau ekstrakurikuler. Pada bagian berikut akan diuraikan bagaimana kurikulum Koding dan Kecerdasan Artifisial (KA) dirancang dari kompetensi apa yang harus dikuasai peserta didik di akhir setiap jenjang, pilihan penerapan muatan Koding dan KA apa yang memungkinkan untuk diterapkan di satuan pendidikan, materi dan capaian belajar Koding dan KA pada akhir tiap rentang kelas, beberapa metode pembelajaran yang dapat digunakan, dan media pembelajarannya.

1. Tahapan Penguasaan Kompetensi

Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial (KA) bertujuan untuk mempersiapkan peserta didik menguasai konsep dan kompetensi tertentu sesuai tahapan perkembangannya. Beberapa referensi menjadi rujukan dalam pengembangan konsep dan kompetensi dimaksud, di antaranya adalah *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers* (2018), *UNESCO AI Competency Framework for Students* (2024), *UNESCO K-12 AI Curricula* (2022), dan *Computer Science Teachers Association (CSTA) K-12 Computer Science Standards* (2017). Referensi tersebut kemudian disintesiskan menyesuaikan tahapan perkembangan peserta didik secara umum pada tiap jenjang serta kondisi satuan pendidikan di Indonesia dan diuraikan sebagai berikut.

Tabel 4 | Tahapan Kemampuan yang Dikuasai Peserta Didik

Dimensi	Jenjang		
	SD/MI	SMP/MTs	SMA/MA/SMK/MAK
Koding	• Menghasilkan solusi untuk masalah sehari-hari secara terstruktur menggunakan **alat bantu seperti** balok susun atau kepingan gambar • Menyusun **langkah sistematis** dan logis	• Merancang program untuk **sistem manajemen sederhana** meliputi pengumpulan, pemahaman, dan pemrosesan data	• Merancang program **berbasis teks lebih kompleks** dengan tambahan fungsi dan modul • **Membuat program berbasis teks** untuk menyelesaikan

Dimensi	Jenjang		
	SD/MI	SMP/MTs	SMA/MA/SMK/MAK
	dengan kosakata **terbatas** atau **simbol** dari pengalaman (perintah sederhana/algoritma dasar) • Menjalankan urutan **instruksi bersyarat sederhana** (baris-berbaris atau menggunakan program berbasis blok dengan logika percabangan dan pengulangan) • Memahami distopia teknologi	• Menulis program pada **aplikasi sederhana berbasis simbol** • Merancang **produk digital** sederhana	masalah nyata, seperti simulasi pergerakan objek • **Membuat produk digital yang lebih kompleks**
Kecerdasan Artifisial	• Memahami **dampak kecerdasan artifisial** dalam kehidupan sehari-hari • Menggunakan kecerdasan artifisial dengan memegang **etika (keadaban)**: 1. kecerdasan artifisial tidak 100% benar; 2. perlindungan data pribadi; 3. kecerdasan artifisial harus digunakan untuk kebaikan; • Membedakan antara teknologi kecerdasan artifisial dan non kecerdasan artifisial; • Memahami konsep dasar input-proses-output	• Memahami **dampak kecerdasan artifisial** terhadap masyarakat • Memahami persoalan pada kecerdasan artifisial: 1. bias 2. ketergantungan yang berlebihan 3. halusinasi 4. hak cipta • Memahami hubungan antara data dan kecerdasan artifisial dengan penggunaan *teachable machine*, termasuk pentingnya data yang berkualitas	a. Menggunakan teknologi kecerdasan artifisial dengan kombinasi perintah yang tepat (*prompt engineering*) b. Memahami dampak kecerdasan artifisial terhadap pekerjaan c. Memahami persoalan pada kecerdasan artifisial sebagai bahan untuk evaluasi teknologi kecerdasan artifisial: 1) transparansi; 2) *explainability*; 3) *sustainability* d. Membangun model kecerdasan artifisial sederhana e. Membangun aplikasi dengan menggunakan model kecerdasan artifisial yang sudah ada, tersedia dalam bentuk *library*/API

2. Pilihan Penerapan Pembelajaran Koding dan KA

Muatan Koding dan KA secara umum dapat diterapkan melalui intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler. Kebijakan pembelajaran Koding dan KA yang akan diambil tentunya mempertimbangkan berbagai aspek, di antaranya aspek teknis,

ekonomis, dan politis. Berikut ini adalah beberapa pilihan kebijakan penerapan pembelajaran Koding dan KA serta pertimbangannya.

Koding dan KA sebagai Mata Pelajaran Wajib

Mata pelajaran wajib adalah mata pelajaran yang harus diikuti oleh semua peserta didik dalam suatu jenjang pendidikan. Beberapa pertimbangan dalam melaksanakan pilihan ini adalah sebagai berikut.

a. Ketersediaan Guru Pengampu

Pada jenjang SMP dan SMA/SMK, guru pengampu Koding dan KA besar kemungkinannya sudah tersedia, mengingat saat ini telah ada mata pelajaran Informatika pada struktur kurikulum. Meskipun begitu, materi tentang kecerdasan artifisial merupakan hal baru yang perlu dieksplorasi dan dilatihkan pada guru Informatika, karena saat ini kurikulum Informatika belum secara eksplisit memasukkan kecerdasan artifisial sebagai bagian yang harus dikuasai oleh peserta didik.

Tantangan terbesar adalah pada jenjang SD, khususnya SD Negeri, di mana guru yang mengampu pembelajaran sehari-hari adalah guru kelas dengan kualifikasi pendidikan guru SD. Hal ini menjadikan pelatihan bagi seluruh guru kelas sangat esensial sebelum menerapkan mata pelajaran ini. Dengan menjadikan Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib maka skala pelatihan bagi guru akan sangat besar.

b. Ketersediaan Sarana dan Prasarana

Pembelajaran Koding dan KA idealnya memerlukan sarana dan prasarana TIK (utamanya komputer dan internet) yang mumpuni. Saat ini belum semua sekolah (utamanya SD) memiliki sarana dan prasarana TIK yang ideal untuk melayani seluruh peserta didiknya. Penerapan Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib akan menambah beban pemerintah dan satuan pendidikan untuk menyediakan sarana dan prasarana pendukung, khususnya bagi sekolah yang belum memiliki sarana dan prasarana.

c. Penambahan Beban Belajar

Pembelajaran Koding dan KA dapat memberikan banyak manfaat bagi peserta didik, tetapi penting untuk memastikan bahwa mereka tidak menghabiskan terlalu banyak waktu di depan layar. Dengan mempertimbangkan batasan tersebut, mata pelajaran Koding dan KA dapat diajarkan selama 2 jam pelajaran tiap minggu dengan peningkatan secara bertahap pada tiap jenjang. Dengan menambahkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib, maka secara otomatis beban belajar mingguan peserta didik di sekolah akan bertambah.

d. Sumber Belajar

Sebagai mata pelajaran, pemerintah perlu memastikan penyediaan buku teks untuk pembelajaran Koding dan KA. Penyediaan ini dilakukan baik melalui penulisan buku

teks utama atau kurasi buku teks pendamping.

Pilihan Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib merupakan pilihan ideal jika ingin memaksimalkan dampak yang merata. Namun, mengingat pilihan ini akan diterapkan di semua sekolah, pemerintah dan satuan pendidikan harus menyiapkan daya dukung yang maksimal serta waktu persiapan yang panjang. Selain itu, Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib berpotensi kurang disukai peserta didik yang kurang berminat untuk mendalami bidang tersebut.

Koding dan KA sebagai Mata Pelajaran Pilihan

Salah satu opsi penerapan pembelajaran Koding dan KA adalah menjadikannya sebagai mata pelajaran pilihan. Mata pelajaran pilihan adalah mata pelajaran yang dapat dipilih oleh peserta didik sesuai dengan minat dan bakatnya. Berbeda dengan mata pelajaran wajib yang harus diikuti oleh semua peserta didik, mata pelajaran pilihan memberikan fleksibilitas bagi peserta didik untuk mendalami bidang tertentu. Pertimbangan menjadikan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan adalah sebagai berikut.

a. Ketersediaan Guru Pengampu

Dengan menjadikan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan, tidak semua sekolah diharuskan menyediakan guru pengampu untuk mata pelajaran tersebut. Guru pengampu bisa ditugaskan dari guru yang sudah ada. Dari sudut pandang pengembangan kompetensi, opsi ini juga dapat mengurangi jumlah guru yang perlu dilatih.

b. Ketersediaan Sarana dan Prasarana

Sebagaimana opsi Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib, Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan idealnya memerlukan sarana dan prasarana TIK (utamanya komputer dan internet) yang mumpuni. Dengan menjadikan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan, sekolah yang belum mampu menyediakan sarana dan prasarana TIK memiliki pilihan untuk tidak melaksanakan mata pelajaran ini.

c. Penambahan Beban Belajar

Sebagaimana opsi Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib, mata pelajaran tersebut dapat diajarkan selama 2 jam pelajaran tiap minggu dengan peningkatan secara bertahap di tiap jenjang. Dengan menerapkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan, maka peserta didik yang tidak berminat, tidak mengalami penambahan beban belajar.

d. Sumber Belajar

Sebagaimana opsi Koding dan KA sebagai mata pelajaran wajib, pemerintah perlu memastikan penyediaan buku teks untuk pembelajaran Koding dan KA ketika menjadi mata pelajaran pilihan, baik melalui penulisan buku teks utama atau kurasi buku teks pendamping. Namun dengan menerapkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan, pengadaan buku cetak di sekolah tidak akan menghabiskan sumber dana yang besar.

Dengan menjadikan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan, pemerintah dan satuan pendidikan memiliki ruang dalam mengalokasikan sumber daya yang tersedia dan dapat diimplementasikan dalam waktu lebih singkat dibandingkan jika diterapkan sebagai mata pelajaran wajib.

Koding dan KA sebagai Kokurikuler atau Terintegrasi pada Mata Pelajaran yang Sudah Ada

Opsi lain dari penerapan Koding dan KA adalah dengan mengintegrasikannya pada mata pelajaran yang sudah ada. Pada jenjang SD, kemampuan yang perlu dikuasai peserta didik pada pembelajaran Koding dan KA dapat terintegrasi dengan mata pelajaran umum seperti matematika, bahasa, dan IPAS atau sebagai kokurikuler pada mata pelajaran tersebut. Misalnya, pembelajaran bahasa Indonesia dengan menyajikan teks eksposisi tentang etika penggunaan KA. Pertimbangan menjadikan Koding dan KA sebagai kokurikuler atau terintegrasi pada mata pelajaran yang sudah ada adalah sebagai berikut.

a. Ketersediaan Guru Pengampu

Dengan menjadikan Koding dan KA sebagai muatan yang terintegrasi atau kokurikuler, satuan pendidikan tidak perlu menyediakan guru khusus. Namun, hal ini membutuhkan kemampuan guru untuk memetakan kompetensi yang dapat diselaraskan dengan Koding dan KA dan mengintegrasikan pembelajarannya pada materi yang sudah ada. Dari sudut pandang pengembangan kompetensi, jika diterapkan secara nasional, maka jumlah guru yang perlu dilatih substansi Koding dan KA akan makin banyak.

b. Ketersediaan Sarana dan Prasarana

Penerapan Koding dan KA sebagai muatan yang terintegrasi atau kokurikuler akan menambah beban pemerintah dan satuan pendidikan untuk menyediakan sarana dan prasarana pendukung tidak hanya untuk peserta didik, namun juga untuk lebih banyak guru.

c. Penambahan Beban Belajar

Salah satu kelebihan penerapan Koding dan KA sebagai muatan yang terintegrasi atau kokurikuler adalah tidak diperlukannya penambahan beban belajar pada struktur kurikulum.

d. Sumber Belajar

Penerapan Koding dan KA sebagai muatan yang terintegrasi atau kokurikuler di satu sisi tidak membebani pemerintah dan satuan pendidikan untuk menyediakan buku teks mata pelajaran. Namun, dibutuhkan naskah-naskah inspiratif pembelajaran berupa model-model perangkat pembelajaran (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran, modul ajar, bahan ajar, perangkat asesmen) sebagai panduan atau acuan guru dalam memetakan kompetensi, merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi kegiatan pembelajaran.

Koding dan KA sebagai Ekstrakurikuler

Ekstrakurikuler berfungsi untuk memfasilitasi pengembangan potensi, bakat, minat, kemampuan, kepribadian, kerja sama, dan kemandirian peserta didik dengan bimbingan dan pengawasan satuan pendidikan. Berdasarkan data, sudah terdapat beberapa sekolah di Indonesia yang mulai memasukkan Koding dan KA sebagai ekstrakurikuler.

Penerapan Koding dan KA sebagai ekstrakurikuler akan membuka ruang inovasi dan partisipasi yang lebih luas bagi satuan pendidikan. Melalui ekstrakurikuler, satuan pendidikan dapat bekerja sama dengan pihak lain untuk memenuhi kebutuhan bahan pembelajaran dan pembinaan. Penerapan Koding dan KA sebagai ekstrakurikuler juga dapat menjadi alternatif bagi satuan pendidikan yang ingin memberikan pendalaman bagi peserta didik yang sudah mempelajari Koding dan KA melalui intrakurikuler. Umumnya kegiatan ekstrakurikuler tidak diwajibkan di sekolah, sehingga peserta didik diberi kesempatan memilih untuk mengikutinya atau tidak.

3. Materi dan Capaian Belajar Setiap Jenjang

Tahapan penguasaan kompetensi tiap jenjang yang telah didefinisikan sebelumnya kemudian diturunkan dalam bentuk lingkup materi dan capaian belajar. Lingkup materi dan capaian belajar ini dapat diterapkan pada intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler. Berdasarkan tahapan penguasaan kompetensi Koding dan KA tiap jenjang, maka dapat dirumuskan elemen pembelajaran sebagai berikut:

a. berpikir komputasional;
b. literasi digital;
c. algoritma pemrograman;
d. analisis data;
e. literasi dan etika kecerdasan artifisial; dan
f. pemanfaatan dan pengembangan kecerdasan artifisial.

Elemen algoritma pemrograman dan analisis data dipelajari pada jenjang SMA/SMK sebagai pendalaman dari elemen berpikir komputasional dan literasi digital. Pendalaman tersebut diwujudkan dalam praktik koding dan pengolahan data.

Terdapat perbedaan yang cukup mencolok antara Informatika dan Koding dan KA. Informatika sedari awal merupakan mata pelajaran yang dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan dasar teknologi informasi dan komunikasi (*basic* ICT), sedangkan Koding dan KA dikembangkan dengan fokus pada kemampuan berpikir komputasional, pengembangan perangkat lunak, dan pemanfaatan perangkat KA. Gambaran ringkas tahapan pembelajaran muatan Koding dan KA dan perbedaannya dengan muatan Informatika ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 | Tahapan Pembelajaran Informatika dan Koding dan KA

Muatan	SD	SMP	SMA/SMK	
		Kelas 7-9	Kelas 10	Kelas 11-12
	pradasar	dasar	menengah	lanjut
Informatika	Fondasi pemanfaatan perangkat komputasi secara bijak dan beretika.	Berpikir komputasional, literasi digital, dan jaringan komputer tingkat dasar	Berpikir komputasional, literasi digital, dan jaringan komputer tingkat menengah	Berpikir komputasional, literasi digital, jaringan komputer tingkat lanjut, algoritma pemrograman, dan analisis data
Koding dan Kecerdasan Artifisial	Fondasi berpikir secara logis dan sistematis melalui berpikir komputasional, literasi digital, dan etika.	Pendalaman berpikir komputasional, literasi digital tingkat dasar, dan muatan kecerdasan artifisial	Pendalaman berpikir komputasional, literasi digital tingkat menengah, muatan kecerdasan artifisial, algoritma pemrograman, dan analisis data	Berpikir komputasional, literasi digital terapan tingkat lanjut, muatan kecerdasan artifisial, algoritma pemrograman, dan analisis data

Mempertimbangkan pembelajaran Koding dan KA yang akan dilaksanakan di saat bersamaan dengan mata pelajaran Informatika yang saat ini wajib dipelajari pada jenjang SMP dan SMA/SMK kelas 10, maka perlu pemetaan agar tidak terdapat materi dan capaian belajar yang tumpang tindih. Perlu diingat bahwa materi dan capaian belajar ini bersifat minimum sehingga satuan pendidikan dapat meningkatkan atau mengembangkan capaian belajar dalam bentuk tujuan pembelajaran sesuai karakteristik peserta didiknya. Penerapan pembelajaran Koding dan KA dapat diuraikan sebagai berikut.

Fase C (Kelas 5-6 SD)

Berdasarkan teori Piaget, anak normal mencapai puncak kematangan berpikir logis dan sistematis selambatnya pada usia 11 tahun (fase operasional konkret) atau setara kelas 5 SD. Pada jenjang SD, pembelajaran Koding dan KA masuk pada penanaman fondasi atau pradasar. Mengingat kelas 5 dan 6 merupakan fase terakhir sebelum masuk ke jenjang SMP di mana nantinya ada mata pelajaran Informatika sebagai mata pelajaran wajib, elemen, materi, dan capaian belajar Koding dan KA harus mendukung pembelajaran di fase berikutnya. Elemen, materi dan capaian belajar di fase C diuraikan pada tabel berikut ini.

Tabel 6 | Elemen, Materi, dan Capaian Belajar Koding dan KA untuk Fase C (Kelas 5-6 SD)

Elemen	Materi	Capaian Belajar
Berpikir Komputasional	• Pemecahan masalah sehari-hari • Pemrograman (tingkat pradasar) ○ Instruksi ○ Praktik pemrograman	Peserta didik mampu memahami permasalahan sederhana dalam kehidupan sehari-hari, menerapkan pemecahan masalah secara sistematis, serta menuliskan instruksi logis dan terstruktur menggunakan sekumpulan kosakata atau simbol.
Literasi Digital	• Manfaat dan dampak teknologi digital • Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat pradasar) • Internet • Sistem komputer (tingkat pradasar) • Keamanan informasi pribadi	Peserta didik mampu memahami konsep dasar, manfaat, dan dampak teknologi digital, memahami sistem komputer tingkat pradasar, menerapkan pengamanan informasi pribadi dalam komunikasi daring, memanfaatkan internet, dan memproduksi serta mendiseminasi konten digital dalam bentuk teks dan gambar.
Literasi dan Etika Kecerdasan Artifisial	• Konsep Kecerdasan Artifisial (tingkat pradasar) • Cara kerja Kecerdasan Artifisial (tingkat pradasar) • Manfaat dan dampak Kecerdasan Artifisial pada kehidupan sehari-hari • Etika (keadaban) penggunaan Kecerdasan Artifisial	Peserta didik mampu memahami konsep KA sederhana, manfaat dan dampak KA pada kehidupan sehari-hari, prinsip bahwa KA dikembangkan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dan tidak boleh merugikan manusia, mengetahui perbedaan manusia dan komputer dalam melakukan penginderaan, dan mengetahui perbedaan antara mesin cerdas dan mesin non-cerdas. Peserta didik mampu memahami etika dasar penggunaan KA seperti empati dan tidak menyakiti orang lain.
Pemanfaatan dan Pengembangan Kecerdasan Artifisial	• Cara kerja Kecerdasan Artifisial (tingkat pradasar)	Peserta didik mampu menyimulasikan secara sederhana kerja KA saat mengenali pola, mengklasifikasi benda konkret berdasarkan sifatnya, dan mengetahui bagaimana prediksi sistem KA dipengaruhi input benda konkret.

Konsep fondasional KA dapat dipelajari melalui bagaimana makhluk hidup dan perangkat elektronika mampu melakukan penginderaan (*sensing*), mengenali objek, dan menjadikan hal itu sebagai pengetahuan mereka.

Fase D (Kelas 7-9 SMP)

Pada jenjang SMP, pembelajaran Koding dan KA berjalan beriringan dengan Informatika. Sebagian materi yang dipelajari merupakan pendalaman dari materi elemen berpikir komputasional dan literasi digital Informatika yang telah masuk

tingkat dasar dan sebagiannya lagi merupakan materi pada elemen KA. Komparasi dari materi yang dipelajari pada Informatika dan Koding dan KA pada fase D dapat ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 7 | Elemen, Materi, dan Capaian Belajar Koding dan KA untuk Fase D (Kelas 7-9 SMP) dan komparasinya dengan Informatika

Elemen	Informatika	Koding dan KA	
	Materi	**Materi**	**Capaian Belajar**
Berpikir Komputasional	• Himpunan dan struktur data sederhana • Pengolahan data (tingkat dasar) • Pemrograman (tingkat dasar) ✓ Instruksi ✓ *Pseudocode* ✓ Praktik pemrograman • Disposisi berpikir komputasional	• Pengelolaan data • Pemecahan masalah masyarakat sederhana • Algoritma (tingkat dasar) • Pemrograman (tingkat dasar) ✓ Instruksi ✓ Praktik pemrograman	Peserta didik mampu menerapkan pengelolaan data, pemecahan masalah sederhana dalam kehidupan masyarakat secara sistematis, dan menuliskan instruksi.
Literasi Digital	• Internet dan mesin pencari • Kualitas data dan informasi digital (tingkat dasar) • Ekosistem digital • Fakta dan opini • Pemanfaatan perkakas teknologi digital (tingkat dasar) • Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat dasar) • Etika digital (tingkat dasar) • Keamanan digital (tingkat dasar)	Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat dasar)	Peserta didik mampu memproduksi dan mendiseminasi konten digital berupa audio, video, slide, dan infografis.
Jaringan Komputer	• Sistem komputer (tingkat dasar) • Jaringan komputer (tingkat dasar)		

Elemen	Informatika	Koding dan KA	
	Materi	Materi	Capaian Belajar
Literasi dan Etika Kecerdasan Artifisial		• Konsep Kecerdasan Artifisial (tingkat dasar) • Cara kerja Kecerdasan Artifisial (tingkat dasar) • Kualitas data dalam Kecerdasan Artifisial • Manfaat dan dampak Kecerdasan Artifisial pada masyarakat • Etika Penggunaan Kecerdasan Artifisial • Persoalan pada Kecerdasan Artifisial • Analisis konten hasil Kecerdasan Artifisial	Peserta didik mampu memahami perbedaan cara manusia dan KA menggabungkan informasi dari beberapa perangkat penginderaan atau sensor, memahami bagaimana komputer memaknai informasi dari perangkat penginderaan atau sensor, memahami kualitas data, serta manfaat dan dampak KA pada kehidupan masyarakat. Peserta didik mampu memahami etika penggunaan KA dalam kehidupan sehari-hari seperti menjaga data pribadi dalam menggunakan KA, KA adalah sebagai alat bantu sehingga manusia tidak boleh tergantung dan percaya sepenuhnya pada KA karena KA masih sangat mungkin menghasilkan output yang salah, bias, atau melakukan halusinasi, serta menganalisis konten *deep fake* dalam bentuk gambar, audio, atau video.
Pemanfaatan dan Pengembangan Kecerdasan Artifisial		Pemanfaatan perangkat Kecerdasan Artifisial	Peserta didik mampu menggunakan perangkat KA sederhana dengan kritis dan mampu menuliskan input bermakna ke dalam sistem KA.

Fase E (Kelas 10 SMA/SMK)

Pada kelas 10 jenjang SMA dan SMK, pembelajaran Koding dan KA berjalan beriringan dengan Informatika. Sebagian materi yang dipelajari merupakan pendalaman dari materi elemen berpikir komputasional dan literasi digital Informatika yang telah masuk tingkat menengah dan sebagiannya lagi merupakan materi pada elemen KA. Pendalaman elemen berpikir komputasional dan literasi digital

diwujudkan dalam elemen algoritma pemrograman dan analisis data. Komparasi dari materi yang dipelajari pada Informatika dan Koding dan KA pada Fase E dapat ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 8 | Elemen, Materi, dan Capaian Belajar Koding dan KA untuk Fase E (Kelas 10 SMA/SMK) dan komparasinya dengan Informatika

Elemen	Informatika	Koding dan KA	
	Materi	**Materi**	**Capaian Belajar**
Berpikir Komputasional	• Himpunan dan struktur data kompleks • Pengolahan data (tingkat menengah) • Algoritma (tingkat dasar) • Pemrograman (tingkat menengah) ✓ *Pseudocode* ✓ Bahasa pemrograman ✓ Praktik pemrograman	Praktik berpikir komputasional untuk memecahkan permasalahan kompleks	Peserta didik mampu menerapkan berpikir komputasional untuk memecahkan permasalahan sehari-hari yang kompleks.
Literasi Digital	• Kualitas data dan informasi digital (tingkat menengah) • Internet dan mesin pencari (tingkat menengah) • Ekosistem periksa fakta • Profesi bidang informatika • Membaca lateral (tingkat dasar) • Pemanfaatan perkakas teknologi digital (tingkat menengah) • Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat menengah) • Etika digital (tingkat menengah) ✓ Hak atas Kekayaan Intelektual • Keamanan digital (tingkat menengah)	Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat menengah)	Peserta didik mampu menerapkan produksi dan diseminasi konten digital dalam bentuk sajian multimedia.
Jaringan Komputer	• Sistem komputer (tingkat menengah) • Sistem operasi • Jaringan komputer (tingkat menengah)		

Elemen	Informatika	Koding dan KA	
	Materi	Materi	Capaian Belajar
Algoritma Pemrograman		• Algoritma (tingkat menengah) • Pemrograman (tingkat menengah)	Peserta didik mampu membandingkan beberapa algoritma dan menerapkan algoritma pemrograman untuk menghasilkan aplikasi.
Analisis Data		• Basis data (tingkat dasar) • Pengolahan data (tingkat menengah)	Peserta didik mampu memahami konsep dasar basis data dan menerapkan pengolahan data pada basis data.
Literasi dan Etika Kecerdasan Artifisial		• Cara kerja Kecerdasan Artifisial (tingkat menengah) • Profesi di bidang kecerdasan artifisial • Tanggung jawab etis dan hukum	Peserta didik mampu memahami bagaimana KA mengenali pola citra dan suara, dan memahami profesi di bidang KA. Peserta didik mampu memahami bahwa manusia harus memikul tanggung jawab etika dan hukum atas penggunaan KA sehingga pada kondisi tertentu pengambilan keputusan tidak sepenuhnya diserahkan pada KA.
Pemanfaatan dan Pengembangan Kecerdasan Artifisial		• *Prompt engineering* • *AI system design*	Peserta didik mampu menerapkan *prompt engineering* pada KA generatif, mengevaluasi konten berbasis KA, dan memahami *AI system design* melalui proses *design thinking*.

Fase F (Kelas 11-12 SMA/SMK)

Pada kelas 11 dan 12 jenjang SMA dan SMK, pembelajaran Koding dan KA telah masuk tingkat lanjut. Pada tingkat lanjut, peserta didik akan lebih banyak melakukan pengembangan perangkat lunak secara holistik dan kontekstual. Oleh sebab itu, waktu pembelajaran yang dibutuhkan pun

disarankan untuk ditingkatkan secara signifikan dari fase sebelumnya. Meskipun pada fase ini Informatika bukan merupakan mata pelajaran wajib, materi pembelajaran Informatika dan Koding dan KA perlu dikomparasi agar tidak saling tumpang tindih. Komparasi dari materi yang dipelajari pada Informatika dan Koding dan KA pada fase F dapat ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 9 | Elemen, Materi, dan Capaian Belajar Koding dan KA untuk Fase F (Kelas 11-12 SMA/SMK) dan komparasinya dengan Informatika

Elemen	Informatika	Koding dan Kecerdasan Artifisial	
	Materi	Materi	Capaian Belajar
Berpikir Komputasional	• Himpunan dan struktur data kompleks dan abstrak • *Engineering process*	Praktik berpikir komputasional untuk memecahkan permasalahan masyarakat	Peserta didik mampu menerapkan berpikir komputasional untuk memecahkan permasalahan kompleks di kehidupan masyarakat dan melakukan prediksi.
Literasi Digital	• Internet dan mesin pencari (tingkat lanjut) • Pemanfaatan perangkat untuk pengecekan kebenaran konten digital • Membaca lateral (tingkat lanjut) • Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat lanjut) • Etika digital (tingkat lanjut) ✓ Hukum dan perundang-undangan terkait sistem digital • Keamanan digital (tingkat lanjut) • Platform lokapasar dan keuangan digital	Produksi dan diseminasi konten digital (tingkat lanjut)	Peserta didik mampu menerapkan produksi dan diseminasi konten digital tingkat lanjut untuk mendukung pengembangan aplikasi dan KA.
Jaringan Komputer	• Jaringan komputer (tingkat lanjut) • Pengelolaan perangkat jaringan		

Elemen	Informatika	Koding dan Kecerdasan Artifisial	
	Materi	**Materi**	**Capaian Belajar**
	✓ Dasar keamanan jaringan ✓ *Troubleshooting* ✓ Komputasi awan		
Algoritma Pemrograman	• Algoritma (tingkat lanjut) • Pemrograman (tingkat lanjut)	• Algoritma (tingkat lanjut) • *Engineering process* • Pemrograman (tingkat lanjut) • Pemrograman perangkat IoT	Peserta didik mampu memahami algoritma dan menerapkan pemrograman berorientasi objek, menerapkan *engineering process*, dan mengembangkan aplikasi untuk perangkat IoT atau aplikasi kompleks lainnya.
Analisis Data	• Pengolahan data (tingkat lanjut) • Basis data (tingkat dasar)	• Basis data (tingkat lanjut) • Pengolahan data (tingkat lanjut) • Mahadata/*big data*	Peserta didik mampu memahami data *encoding*, menerapkan basis data dalam pengembangan aplikasi, dan memahami mahadata.
Literasi dan Etika Kecerdasan Artifisial		• Dampak KA terhadap pekerjaan • Evaluasi permasalahan KA	Peserta didik mampu memahami dampak KA terhadap ketenagakerjaan dan bidang lainnya. Peserta didik mampu memahami bahwa pengembang KA harus bertanggung jawab dan mematuhi prinsip *human-centered* dan etika yang ada.
Pemanfaatan dan Pengembangan Kecerdasan Artifisial		• *Algoritma Machine Learning* • *Natural Language Processing* • Pengembangan model kecerdasan artifisial sederhana • Pengembangan aplikasi dengan menggunakan model kecerdasan artifisial yang sudah ada, tersedia dalam bentuk *library*/API	Peserta didik mampu memahami dasar-dasar algoritma *Machine Learning*, dasar-dasar *Natural Language Processing*, mengembangkan model KA sederhana, mengembangkan aplikasi dengan menggunakan model KA yang sudah ada, dan menyelesaikan permasalahan sederhana dalam kehidupan sehari-hari dengan menggunakan KA..

4. Metode Pembelajaran

Pembelajaran Koding dan KA sebagaimana praktik empiris di negara lain dapat diajarkan melalui berbagai metode pembelajaran. Beberapa metode atau pendekatan pembelajaran untuk Koding dan KA diuraikan sebagai berikut.

Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem-based Learning)

Pembelajaran berbasis masalah atau *problem-based learning* adalah model pembelajaran yang dirancang untuk membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir dan pemecahan masalah, serta menjadi pembelajar mandiri melalui keterlibatan dalam situasi nyata atau simulasi (Arends, 2012). Beberapa masalah yang dapat menjadi pemantik dalam pembelajaran Koding dan KA diuraikan pada tabel 10.

Pembelajaran Berbasis Projek (Project-based Learning)

Pembelajaran berbasis projek atau *project-based learning* adalah pendekatan pengajaran yang dibangun di atas kegiatan pembelajaran dan tugas nyata yang memberikan tantangan bagi siswa untuk memecahkan masalah tertentu secara berkelompok (Goodman & Stivers, 2010). Pembelajaran Berbasis Projek menstimulasi peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan menciptakan solusi. Metode ini memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep Koding dan KA melalui pengalaman langsung, eksplorasi, serta pemecahan masalah dunia nyata. Melalui pendekatan ini pembelajaran akan makin aktif, bermakna, dan menyenangkan.

Pendekatan ini dalam ilmu pedagogik disebut dengan pembelajaran otentik (*authentic learning*) di mana peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dengan menghubungkan konsep dan kondisi riil yang dialami.

Selain untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif, nilai positif dari pembelajaran berbasis projek pada pembelajaran Koding dan KA adalah hasil projek dapat berfungsi sebagai portofolio. Metode ini dapat diterapkan sejak jenjang SD hingga SMA/SMK dengan penyesuaian. Untuk tingkat SMA, guru dapat mengarahkan peserta didik agar dapat berkolaborasi membuat projek-projek koding yang berangkat dari minat mereka terhadap suatu kegiatan, produk, dan hal lain yang menjadi ketertarikannya. Adapun contoh projek tiap jenjang dapat diuraikan pada Tabel 11.

Tabel 10 | Contoh Masalah Koding dan KA pada Pembelajaran Berbasis Masalah

Jenjang	Contoh masalah
SD (pra dasar)	Bagaimana merencanakan perjalanan ke sekolah dengan waktu tercepat? Bagaimana mengampanyekan etika kecerdasan artifisial?
SMP (dasar)	Bagaimana membantu menghitung waktu tempuh berkendara untuk jarak tertentu? Bagaimana melindungi data pribadi dan identitas digital dalam menggunakan kecerdasan artifisial?
SMA/SMK (menengah dan lanjut)	Bagaimana memeriksa kebenaran berita dengan memanfaatkan kecerdasan artifisial?

Tabel 11 | Contoh Projek Koding dan KA pada Pembelajaran Berbasis Projek

Jenjang	Contoh projek koding	Contoh projek kecerdasan artifisial
SD (pradasar)	Pengembangan aplikasi gambar bergerak	Pengembangan kampanye penggunaan kecerdasan artifisial yang aman
SMP (dasar)	Pengembangan aplikasi kalkulator pupuk	Pengembangan produk digital menggunakan *prompt* kecerdasan artifisial generatif
SMA/SMK (menengah dan lanjut)	• Pengembangan web sekolah • Perbandingan harga produk di bidang yang sama	Pengembangan model kecerdasan artifisial sederhana

Pembelajaran Inkuiri (Inquiry Learning)

Menurut Joyce, Weil, dan Calhoun (2009), pembelajaran inkuiri (*inquiry learning*) adalah model pembelajaran yang dirancang untuk membawa siswa secara langsung ke dalam proses ilmiah melalui latihan-latihan yang dapat memadatkan proses ilmiah tersebut ke dalam periode waktu yang singkat. Pembelajaran inkuiri menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan.

Guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan pertanyaan pemantik dan tantangan untuk memicu rasa ingin tahu peserta didik. Contohnya, peserta didik dapat diajak untuk memecahkan masalah sederhana, seperti merancang algoritma untuk menyusun langkah-langkah

membuat minuman tradisional atau menyelesaikan masalah matematika menggunakan logika pemrograman. Metode ini sangat cocok untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik. Di Indonesia, pendekatan ini telah diujicobakan di beberapa sekolah mitra Kemendikdasmen, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep teknologi dan kemampuan *problem-solving* peserta didik.

Pembelajaran Gamifikasi (Gamification)

Gamifikasi adalah penerapan elemen permainan untuk meningkatkan motivasi, partisipasi, dan keterlibatan peserta didik. Salah satu teori gamifikasi adalah *Octalysis* atau kerangka gamifikasi yang dicetuskan Yu-Kai Chou (2015). Delapan *core drives* dalam kerangka *Octalysis* dan penerapannya dalam gamifikasi adalah sebagai berikut:

1. *Epic Meaning & Calling*: peserta didik diajak membangun sesuatu yang bermanfaat bagi masyarakat sehingga memotivasi untuk belajar.
2. *Development & Accomplishment*: peserta didik diberikan sertifikat atau pin sebagai penghargaan dari usaha yang dilakukan.
3. *Empowerment of Creativity & Feedback:* peserta didik diberikan keleluasaan untuk bereksperimen, berekspresi, dan diberikan umpan balik.
4. *Ownership & Possession*: peserta didik bertanggung jawab penuh akan hasil belajarnya dan diberikan ruang untuk mempublikasikannya.
5. *Social Influence & Relatedness*: peserta didik didorong untuk berkolaborasi dalam belajar.
6. *Scarcity & Impatience*: peserta didik dapat memperoleh sesuatu yang tidak didapatkan peserta didik lain ketika mencapai suatu target atau melebihi ekspektasi.
7. *Unpredictability & Curiosity*: peserta didik diberikan hal-hal baru yang sulit ditebak untuk mendorong rasa ingin tahu.
8. *Loss & Avoidance*: peserta didik diberikan konsekuensi jika tidak mencapai target tertentu untuk memancing usahanya.

Di Indonesia, metode gamifikasi telah diadopsi oleh beberapa sekolah di daerah perkotaan, seperti Jakarta, Bandung, serta kota besar lainnya. Berdasarkan observasi, penerapan gamifikasi meningkatkan minat dan pemahaman peserta didik terhadap konsep pemrograman dan berpikir terstruktur.

Pembelajaran Berbasis Internet (*Internet-Based Learning*)

Metode pembelajaran ini memanfaatkan konektivitas internet untuk mengakses materi, menggunakan perangkat lunak, dan berkomunikasi. Pembelajaran berbasis internet dapat menjadi salah satu

pembelajaran alternatif yang menawarkan berbagai keuntungan bagi peserta didik, seperti fleksibilitas waktu dan tempat, kemudahan dalam mengakses sumber belajar, serta tersedianya berbagai jenis media pembelajaran yang interaktif dan menarik (Riyanti dkk., 2023). Pada pembelajaran Koding dan KA, pembelajaran berbasis internet dapat digunakan saat mempraktikkan koding pada perangkat lunak pemrograman dan menerapkan *prompting* pada aplikasi kecerdasan artifisial generatif.

Pendekatan ini secara umum telah digunakan selama masa pandemi. Penerapan metode pembelajaran ini dapat memanfaatkan platform media sosial, media berbagi sumber berbasis internet(*learning management system*).

Pembelajaran Berbasis Perangkat Digital (Plugged Learning)

Metode pembelajaran ini memanfaatkan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) tertentu, seperti komputer, tablet, ponsel pintar, atau perangkat keras lain yang terhubung dengan komputer atau tablet. Salah satu contoh *advance*-nya adalah penggunaan sensor suara, kamera, mikrofon, yang terhubung dengan perangkat pemrograman untuk mendeteksi gerakan atau mengenal pola. Melalui pendekatan ini, penerapan Koding dan KA dapat dilakukan melalui projek langsung.

Pembelajaran Tanpa Perangkat Digital (Unplugged Learning)

Metode pembelajaran tanpa perangkat digital merupakan pendekatan pembelajaran ilmu komputer yang berbasis aktivitas melalui simulasi, permainan, dan aktivitas fisik lainnya. Bell dkk. (2009) menjelaskan *unplugged learning* sebagai "belajar ilmu komputer tanpa komputer". Pada pembelajaran Koding dan KA, pembelajaran ini dapat melibatkan penggunaan permainan papan, kartu, balok bersusun, atau aktivitas yang melibatkan gerakan fisik untuk memahami prinsip koding dan pengembangan algoritma, seperti mensimulasikan "robot/mesin" yang mampu berpikir dengan melibatkan peserta didik.

5. Media Pembelajaran

Media pembelajaran adalah berbagai jenis komponen dalam lingkungan siswa yang dapat merangsang mereka untuk belajar (Gagne & Briggs, 1979). Guna mengoptimalkan pembelajaran, selain perangkat lunak koding serta kecerdasan artifisial, guru dapat menggunakan berbagai media pembelajaran sebagai berikut.

Perangkat Digital

Perangkat digital termasuk dalam media pembelajaran karena digunakan untuk menyampaikan materi dan mendukung proses pembelajaran. Perangkat digital seperti komputer, laptop, tablet, ponsel cerdas dapat digunakan dalam pendidikan untuk membuat pembelajaran Koding dan KA lebih interaktif, fleksibel, dan menarik. Untuk memastikan akses yang merata, pemerintah Indonesia melalui program

Digitalisasi Sekolah telah menyediakan perangkat teknologi, seperti laptop, tablet, dan projektor ke sekolah-sekolah, terutama di daerah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar). Selain itu, kolaborasi dengan provider telekomunikasi juga dilakukan untuk menyediakan akses internet yang terjangkau atau gratis bagi sekolah-sekolah yang membutuhkan. Hal ini memungkinkan lebih banyak peserta didik dan guru dapat memanfaatkan platform digital dan modul interaktif dalam pembelajaran.

Platform Digital

Platform yang digunakan adalah yang menyediakan antarmuka yang ramah pengguna, dilengkapi dengan tutorial interaktif, dan projek-projek kecil yang memudahkan peserta didik memahami konsep pemrograman. Keunggulan platform digital adalah kemampuannya untuk memberikan umpan balik instan, memantau progres belajar, dan menyesuaikan materi sesuai tingkat kemampuan peserta didik.

Modul Interaktif

Modul interaktif dirancang untuk membuat pembelajaran Koding dan KA lebih menarik dan mudah dipahami. Modul ini biasanya berbasis web atau aplikasi, dilengkapi dengan animasi, video penjelasan, dan latihan-latihan praktis. Modul-modul ini merupakan perangkat yang memungkinkan peserta didik untuk belajar secara mandiri dengan panduan bertahap, sambil mengerjakan projek-projek kreatif seperti membuat gim (*game)* atau animasi.

Kartu dan Papan

Penggunaan kartu berupa kartu instruksi atau kartu bergambar dapat berguna untuk menggambarkan bagaimana mesin mengeksekusi instruksi dan melakukan sortasi suatu data. Papan dapat digunakan peserta didik untuk menggambarkan alur pengambilan keputusan atau mensimulasikan basis data.

6. Evaluasi Pembelajaran

Evaluasi pembelajaran adalah proses mengumpulkan informasi tentang pencapaian hasil belajar peserta didik untuk mengukur sejauh mana tujuan pembelajaran telah tercapai dan memberikan umpan balik yang berguna dalam perbaikan proses pembelajaran. (Hamalik, 2002) Evaluasi pembelajaran Koding dan KA dilaksanakan guna melakukan perbaikan perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran berdasarkan capaian belajar peserta didik.

Evaluasi dapat dilaksanakan oleh guru, kepala satuan pendidikan, dan peserta didik. Evaluasi oleh guru dapat dilaksanakan dengan pengamatan proses pembelajaran, diskusi sesama guru, dan analisis hasil penilaian hasil belajar peserta didik. Penilaian hasil belajar peserta didik berupa penilaian autentik direkomendasikan guna memberikan gambaran nyata kemampuan peserta didik. Jika penilaian hasil belajar peserta didik diselenggarakan melalui uji kompetensi atau sertifikasi, maka keberhasilan peserta didik mendapatkan sertifikat kompetensi dapat dijadikan pertimbangan dalam

evaluasi pembelajaran. Evaluasi oleh kepala satuan pendidikan dapat dilaksanakan melalui supervisi akademik, manajerial, klinis, dan evaluatif terhadap kegiatan perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran. Evaluasi oleh peserta didik dapat dilaksanakan dalam bentuk refleksi kegiatan pembelajaran.

B. Kualifikasi dan Kompetensi Guru

1. Kualifikasi Guru

Sesuai dengan Permendiknas No. 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru, bahwa guru minimal memenuhi kualifikasi akademik D4/S1, dan memenuhi empat kompetensi secara utuh, yaitu kompetensi pedagogik, kepribadian, sosial, dan profesional.

Kualifikasi guru yang dapat mengajar Koding dan KA adalah D4/S1, disesuaikan dengan linieritas mengacu kepada peraturan yang berlaku. Selain itu, pengajar koding dan KA dapat diampu oleh guru atau praktisi dengan portofolio/pengalaman di bidang tersebut. Untuk mengajar Koding dan KA, guru juga diharapkan memiliki minat dan ketertarikan untuk mengajar Koding dan KA. Pada jenjang SD, guru kelas yang memiliki minat, portofolio, atau pengalaman di bidang koding dan KA dapat dimungkinkan untuk mengajar Koding dan KA.

2. Kompetensi Guru

Guru pengajar Koding dan KA perlu menguasai empat kompetensi dasar yang terdiri atas kompetensi profesional, pedagogik, kepribadian, dan sosial. Kompetensi profesional guru dalam mengajar mata pelajaran Koding dan KA secara umum terkait substansi materi berpikir komputasional, literasi digital, kecerdasan artifisial, algoritma pemrograman, dan analisis data. Jenjang SD dan SMP akan lebih fokus pada berpikir komputasional, literasi digital, dan kecerdasan artifisial, sedangkan jenjang SMA dan SMK, selain berpikir komputasional, literasi digital, dan kecerdasan artifisial, terdapat penambahan materi algoritma pemrograman dan analisis data.

Kompetensi berpikir komputasional pada jenjang SD (kelas 5 dan 6) lebih mengarah pada bagaimana guru mampu memfasilitasi peserta didik menghasilkan solusi untuk masalah sehari-hari secara terstruktur menggunakan alat bantu sederhana, menyusun, dan menjalankan urutan perintah sederhana secara sistematis dan logis, serta memahami distopia teknologi yaitu sebuah momen di mana kemajuan teknologi justru membawa dampak negatif bagi masyarakat. Untuk jenjang SMP, guru akan dikuatkan kompetensinya dalam hal merancang program untuk sistem manajemen sederhana, menulis program pada aplikasi sederhana berbasis simbol, serta merancang produk digital sederhana. Sedangkan, guru pada jenjang SMA/SMK akan dikuatkan pada bagaimana merancang program berbasis teks lebih kompleks dengan tambahan fungsi dan

modul, membuat program berbasis teks untuk menyelesaikan masalah nyata, serta membuat produk digital yang lebih kompleks dari jenjang SMP.

Kompetensi profesional guru SD (kelas 5 dan 6) terkait kecerdasan artifisial diarahkan pada kemampuan guru untuk membuat peserta didik memahami dampak kecerdasan artifisial dalam kehidupan sehari-hari, bagaimana memanfaatkan kecerdasan artifisial dengan tetap memegang etika (keadaban), kecerdasan artifisial tidak 100% benar dengan memberikan simulasi yang mudah dipahami sesuai dengan usia; perlindungan data pribadi; kecerdasan artifisial harus digunakan untuk kebaikan; membedakan antara teknologi kecerdasan artifisial dan non kecerdasan artifisial; serta memahami konsep dasar *input-proses-output* dalam kaitan pemanfaatan teknologi kecerdasan artifisial.

Kompetensi profesional guru jenjang SMP terkait kecerdasan artifisial diarahkan bagaimana guru dapat membuat peserta didik memahami dampak kecerdasan artifisial terhadap masyarakat, memahami persoalan pada kecerdasan artifisial, seperti bias dan ketergantungan yang berlebihan, halusinasi, hak cipta, dan berkurangnya kemampuan berpikir kritis; serta memahami hubungan antara data dan kecerdasan artifisial dengan penggunaan *teachable machine*.

Terakhir, untuk jenjang SMA/SMK, kompetensi profesional guru tentang bagaimana guru dapat memfasilitasi peserta didik agar mampu menggunakan teknologi kecerdasan artifisial dengan kombinasi perintah yang tepat *(prompt engineering)*, memahami dampak kecerdasan artifisial terhadap pekerjaan, memahami persoalan pada kecerdasan artifisial sebagai bahan untuk evaluasi teknologi kecerdasan artifisial *(transparency; explainability; sustainability)*, membangun model kecerdasan artifisial sederhana, dan membangun aplikasi dengan menggunakan model kecerdasan artifisial yang sudah ada, tersedia dalam bentuk *library/*API.

Penguatan kompetensi pedagogik dilakukan dengan mendesain perencanaan pembelajaran dengan berbagai model pembelajaran. Pembelajaran dapat menggunakan model inkuiri, diskoveri, *project-based, problem-based* atau model lain yang relevan. Selain itu, desain pembelajaran disesuaikan dengan kondisi awal guru. Intervensi bagi guru yang sudah mahir menggunakan koding dan KA tentunya berbeda dengan intervensi bagi guru yang belum pernah menggunakan koding dan KA.

Selain terkait penggunaan berbagai model pembelajaran, kompetensi guru dalam pembelajaran Koding dan KA perlu diarahkan pada kemampuan mengenali peserta didik yang sudah “berkesadaran” dalam belajar, mampu memaknai pembelajaran dan menikmati proses pembelajaran dengan gembira. Dalam konteks ini, kompetensi guru dalam merancang strategi agar mampu memantik

dan memfasilitasi peserta didik untuk memahami tujuan belajar, memahami perkembangan belajarnya, melakukan refleksi, dan menilai pembelajarannya merupakan hal yang penting. Selain itu, guru juga perlu menguasai kompetensi dalam penilaian pembelajaran dan refleksi kualitas pembelajaran.

Penguatan kompetensi kepribadian berkenaan dengan sosok guru sebagai teladan dalam pembelajaran. Dalam hal guru sebagai teladan, dikuatkan tentang etos kerja, tanggung jawab, rasa bangga menjadi guru, dan rasa percaya diri. Sebagai teladan bagi peserta didik, guru juga menunjukkan perilaku gemar belajar dan reflektif dalam proses pembelajarannya.

Terakhir, kompetensi sosial guru dalam pembelajaran Koding dan KA terkait kemampuan dalam bermitra dengan peserta didik, sesama guru, dan pemangku kepentingan lainnya. Guru bermitra dengan peserta didik, melakukan kolaborasi dengan peserta didik dalam mendesain pembelajaran dan mengevaluasi proses pembelajaran. Hal ini harus dilakukan agar peserta didik memiliki "rasa kepemilikan" dalam belajar yang ditunjukkan dengan peserta didik mampu memahami tujuan belajar, memahami perkembangan belajarnya, melakukan refleksi, dan menilai pembelajarannya. Sebagai mitra sesama guru, guru menunjukkan inkuiri kolaboratif dalam komunitas belajar/kelompok kerja, baik di satuan pendidikan maupun kelompok kerja di gugus/ kabupaten/ kota.

C. Strategi Penerapan Kebijakan Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial

1. Pendekatan Bertahap dalam Implementasi Kebijakan

Tantangan utama implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA di Indonesia adalah besarnya wilayah dan jumlah sekolah di Indonesia, serta beragamnya kondisi sekolah baik antardaerah maupun antarjenjang. Penerapan kebijakan yang bersifat "*one size fits all*" akan berpotensi pada turunnya kualitas implementasi program dan timbulnya dampak sampingan yang tidak diharapkan. Sebagai contoh, jika pembelajaran koding dan KA wajib diterapkan di semua sekolah tanpa memperhatikan minat siswa, kesiapan guru dan infrastruktur, maka tidak hanya mengakibatkan kualitas proses belajar tidak optimal namun juga berpotensi mengganggu pelaksanaan pembelajaran yang lain secara keseluruhan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, penerapan kebijakan pembelajaran Koding dan KA akan dilakukan secara bertahap disesuaikan dengan kesiapan sekolah.

Pendekatan bertahap dalam penerapan kebijakan ini mencakup dua tahap strategi yaitu: pelaksanaan terbatas di awal masa implementasi kebijakan sesuai dengan kondisi sekolah; dan penyebarluasan (*scaling out* dan *scaling up*) di masa berikutnya. Terkait hal tersebut, penentuan sekolah pelaksana pembelajaran Koding dan KA di awal implementasi kebijakan ini setidaknya perlu mempertimbangkan tiga

hal. *Pertama*, kesiapan infrastruktur teknologi pendukung di sekolah. Sebagaimana pengalaman negara-negara lain (lihat Bab III), tidak adanya teknologi pendukung di sekolah akan berdampak pada tidak efektifnya implementasi pembelajaran Koding dan KA di sekolah. Spesifikasi kebutuhan teknologi pendukung juga perlu disesuaikan dengan tujuan pembelajaran pada setiap jenjang pendidikan.

Kedua, kesiapan tenaga pengajar di sekolah. Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran koding dan KA di Indonesia adalah tidak semua sekolah memiliki guru dengan kompetensi yang memadai untuk mengajarkan materi ini. Sebagai gambaran, saat ini tidak ada mata pelajaran Informatika pada jenjang SD. Guru-guru yang mengajar informatika pada jenjang SMP dan SMA/SMK juga belum tentu siap untuk mengajarkan Koding dan KA. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemrioritasan pelaksana kebijakan ini pada sekolah-sekolah dengan kesiapan guru yang memadai.

Ketiga, kemampuan sumber daya pendukung yang dimiliki terutama dalam peningkatan kapasitas guru melalui pelatihan dan pendampingan dalam implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA. Selain dapat disediakan oleh Kemendikdasmen, peningkatan kapasitas guru ini dapat dilakukan dengan mendorong peran serta pemerintah daerah dan mitra pembangunan. Dukungan ini sangat penting untuk memastikan para guru di setiap sekolah pelaksana kebijakan ini mampu menerapkan pembelajaran dengan kualitas yang baik. Namun, di sisi lain pelatihan dan pendampingan yang berkualitas membutuhkan sumber daya pembiayaan yang besar. Oleh karenanya, untuk menjaga kualitas pelatihan dan pendampingan tersebut, jumlah sekolah pelaksana kebijakan pembelajaran Koding dan KA di awal implementasi kebijakan perlu dibatasi.

Selanjutnya, proses penyebarluasan implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA dapat dilakukan melalui berbagai strategi di tingkat sekolah, daerah, maupun pusat. Di tingkat sekolah, perlu didorong pengimbasan pembelajaran Koding dan KA melalui komunitas belajar (misalnya KKG, MGMP, KKKS, MKKS, dan lain-lain) yang selama ini telah berjalan secara organik antarsekolah. Di tingkat daerah, diperlukan keterlibatan pemerintah daerah terutama dalam menyiapkan infrastruktur teknologi pendukung dan menyiapkan tenaga pengajar pada sekolah-sekolah yang belum mengimplementasikan kebijakan ini. Sementara di tingkat pusat, diperlukan pelatihan-pelatihan yang menyasar pada guru-guru di sekolah yang tertarik untuk mengimplementasikan pembelajaran Koding dan KA, tetapi belum memiliki guru dengan kompetensi yang memadai.

2. Program Bimbingan Teknis (Bimtek) dan Pelatihan Guru

Program Bimbingan Teknis (Bimtek)

Bimbingan teknis (bimtek) Koding dan KA dilakukan oleh Direktorat Jenderal GTK-PG untuk menyiapkan calon pengajar pelatihan di tingkat daerah, yang selanjutnya disebut peserta bimtek. Adapun calon pengajar berasal dari unsur Widyaiswara dan Pengembang Teknologi Pembelajaran (PTP) di UPT Ditjen GTK dan Vokasi PKPLK, serta Praktisi Pendidikan pada Lembaga Penyelenggara Diklat (LPD) yang ditetapkan Kemendikdasmen. Adapun narasumber bimtek adalah tim pengembang modul, panduan pelatihan dan/atau praktisi Koding KA yang ditetapkan Kemendikdasmen.

Pelaksanaan bimtek menggunakan pendekatan pembelajaran mendalam. Bimtek memfasilitasi pengalaman belajar dari mulai tahapan memahami, mengaplikasi dan merefleksi pengalaman belajar selama bimtek. Peserta diajak melakukan berbagai aktivitas dengan berbagai model seperti *problem-based learning, project-based learning, collaborative learning*, inkuiri, dan lain-lain dan berbagai strategi bimtek agar dapat memahami materi dengan baik yang memuat pengetahuan esensial, aplikatif, dan humanistik (nilai dan karakter). Selanjutnya, peserta menerapkan berbagai pengetahuan pada materi inti untuk dipraktikkan atau disimulasikan baik dengan menggunakan model *unplugged, plugged atau internet-based*. Peserta mengaplikasikan pengetahuan faktual, aplikatif dan humanistik untuk membuat desain pembelajaran, yang akan digunakan pada aktivitas simulasi mengajar berdasarkan materi/kelas yang dipilih. Pemanfaatan teknologi oleh peserta diwajibkan khususnya untuk pembelajaran dan simulasi pembelajaran model *plugged* dan *internet-based*. Selanjutnya, peserta melakukan refleksi mendalam berdasarkan pengalaman belajar yang telah didapatkan selama bimtek. Peserta menghubungkan berbagai pengetahuan dan pengalaman menjadi satu simpulan (*relational*), atau abstraksi. Peserta juga mendapatkan umpan balik dari hasil belajar dari sesama rekan peserta dan narasumber bimtek. Dalam rangka memperkuat pemahaman dan keterampilan sebagai calon pengajar pelatihan, peserta juga mensimulasikan atau melakukan praktik mengajar salah satu materi inti.

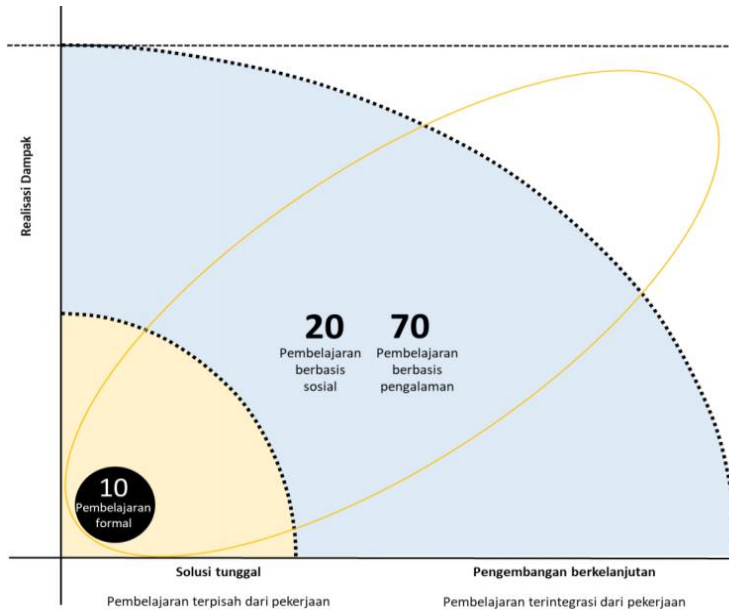
Sebagai calon pengajar pelatihan, peserta juga dibekali dengan pengetahuan tentang pembelajaran orang dewasa (andragogi). Pembelajaran pada bimtek dilakukan dengan prinsip andragogi sebagai berikut: 1) Orang Dewasa akan termotivasi untuk belajar ketika dalam suatu pelajaran mereka menemukan suatu kebutuhan atau pelajaran tersebut sesuai dengan minat mereka dan juga sesuai dengan dunia kerja mereka; 2) Orang Dewasa membawa pengalaman hidup dan pengetahuan yang mereka miliki kepada situasi pembelajaran; 3) Orang Dewasa akan belajar dengan baik ketika mereka secara aktif dilibatkan dalam proses pembelajaran tersebut; 4) Orang Dewasa mempunyai bermacam-macam gaya belajar; 5) Ketika kepribadian dan profesionalisme berkembang, maka orang dewasa juga mempunyai keinginan untuk

mengarahkan mereka sendiri; dan 6) Orang Dewasa belajar karena mereka mempunyai kebutuhan belajar (Gordon, 2004). Oleh karena itu, suasana bimtek diciptakan penuh keterbukaan sehingga memungkinkan terjadi tukar pikiran dan pengalaman, serta ditumbuhkan suasana saling percaya. Narasumber bimtek menempatkan diri sebagai fasilitator sehingga tercipta suasana partisipatif.

Program Pelatihan Guru

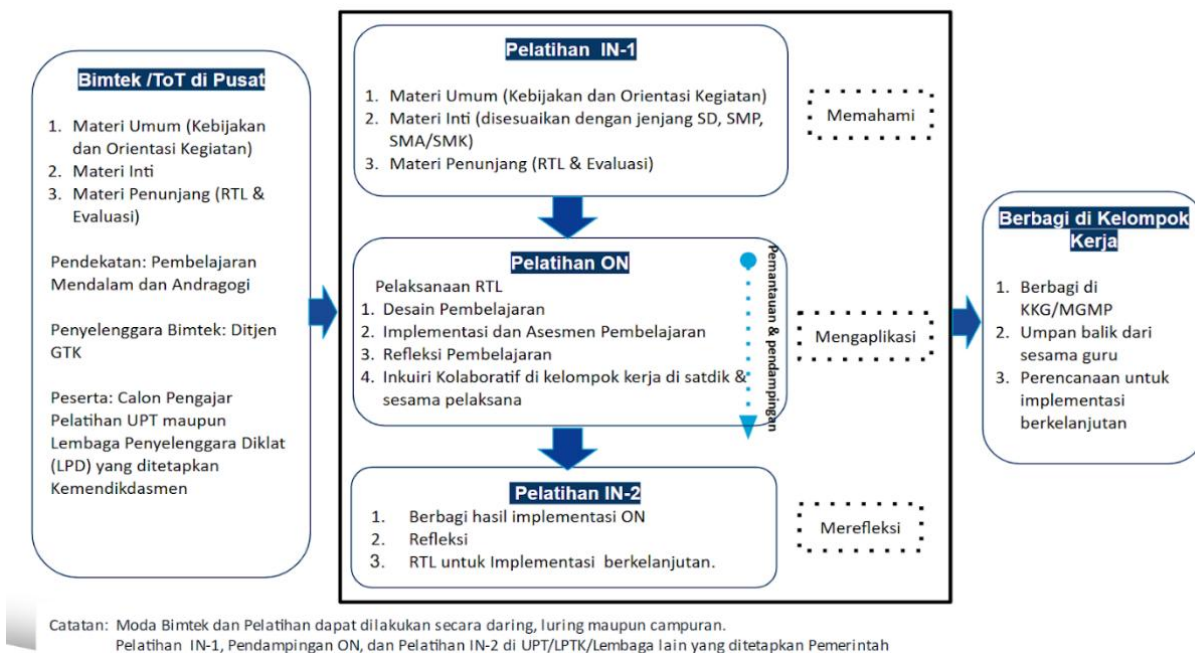
Pelatihan Guru Mata Pelajaran Koding dan KA dilakukan oleh Unit Pelaksana Teknis (UPT) Ditjen GTK-PG serta lembaga penyelenggara pelatihan lainnya yang ditetapkan Kemendikdasmen. Pelatihan Guru Koding dan KA untuk jenjang SD diperuntukkan bagi guru kelas ataupun guru informatika sedangkan jenjang SMP, SMA, SMK diperuntukkan bagi guru informatika. Namun, jika tidak terdapat guru informatika maka dapat dilakukan oleh guru serumpun yaitu MIPA. Selanjutnya jika tidak ada guru serumpun maka alternatif terakhir adalah guru mata pelajaran lain dengan keterampilan di bidang informatika, Koding ataupun KA, disertai dengan bukti pernah mengikuti pelatihan informatika, Koding ataupun KA.

Adapun pendekatan pelatihan bagi guru Koding KA menggunakan pendekatan pembelajaran mendalam dengan pengalaman belajar memahami, mengaplikasi dan merefleksi. Peserta diajak melakukan berbagai aktivitas dengan berbagai model seperti *problem-based learning, project-based learning, collaborative learning*, inkuiri, dan lain-lain, serta berbagai strategi pelatihan agar dapat memahami materi dengan baik yang memuat pengetahuan faktual, aplikatif, dan humanistik. Tahap memahami dilakukan pada pelatihan *In-Service Training* 1 (IN-1) yang diakhiri dengan penugasan merancang Rencana Tindak Lanjut (RTL). Selanjutnya peserta pelatihan menerapkan berbagai pengetahuan yang telah didapatkan saat IN-1 untuk dipraktekkan dan didiskusikan ketika tahap *On-the Job Training* (ON). Tahap mengaplikasi adalah tahap melaksanakan seluruh rancangan RTL yang disusun saat IN-1 agar dapat lebih banyak belajar dari pengalaman menerapkan langsung di konteks yang sesungguhnya (nyata). Pembelajaran diintegrasikan dengan pekerjaan akan lebih memotivasi orang dewasa dalam belajar karena sesuai kebutuhan dan menjadi bagian rutinitas pekerjaan. Pada tahap berikutnya yaitu merefleksi, peserta pelatihan melakukan refleksi mendalam berdasarkan pengalaman belajar yang telah dilalui selama bimtek. Refleksi dapat dilakukan pada setiap tahap pelatihan yaitu IN-1, ON dan *In-Service Training* 2 (IN-2). Namun saat IN-2 peserta menghubungkan berbagai pengetahuan dan pengalaman menjadi satu simpulan (*relational*), atau bahan menjadi abstraksi baru. Peserta juga mendapatkan umpan balik untuk memperkuat pemahaman dalam belajar.

Pelatihan dengan pendekatan pembelajaran mendalam dengan pola IN-ON-IN dikuatkan dengan penelitian Jennings (2016) yang menunjukkan bahwa

Sumber: Arets dkk. (2016)

pembelajaran harus dilakukan secara berkelanjutan. Jika pelatihan hanya dilakukan satu kali kemudian selesai, tidak dilanjutkan dengan implementasi hasil pelatihan kepada pekerjaan, maka akan kurang berdampak. Namun, jika pelatihan dilanjutkan dengan implementasi di satuan pendidikan, disertai dengan refleksi, diskusi di komunitas belajar atau kelompok kerja baik di satuan pendidikan maupun di gugus/kabupaten/kota, dilakukan pendampingan/*coaching* ataupun *mentoring* serta adanya pemberian umpan balik, maka akan berdampak maksimal. Gambar itu menunjukkan korelasi pelatihan sebagai solusi tunggal dan pelatihan berkelanjutan yang terintegrasi dengan pekerjaan.

Lebih lanjut, Arets, Jennings, dan Heijnen (2016) menyampaikan bahwa pembelajaran berbasis formal secara umum berkontribusi kurang lebih sebesar 10%, pembelajaran berbasis sosial secara umum dapat berkontribusi kurang lebih sebesar 20%, dan pembelajaran berbasis pengalaman berkontribusi kurang lebih sebanyak 70% terhadap peningkatan kompetensi. Pelatihan sebagai solusi tunggal hanya akan menyumbang 10% bagi peningkatan kompetensi, jika tidak dilanjutkan dengan belajar dari pengalaman nyata dan berdiskusi dengan rekan sejawat serta *coach/mentor*.

Berdasarkan kajian tersebut, pelatihan guru untuk pengajaran Koding dan KA mengakomodasi pembelajaran secara formal (selanjutnya disebut tahap IN-1) dalam pelatihan terstruktur, pembelajaran mempraktikkan materi pelatihan formal di satuan pendidikan masing-masing, berbagi dan belajar bersama dengan inkuiri kolaboratif di kelompok kerja/komunitas belajar sesama guru Koding dan KA (Tahap ON), dengan pendampingan melalui LMS dan/atau pendampingan langsung ke lokasi baik di kelompok kerja ataupun di sekolah. Selanjutnya dilanjutkan dengan Bimtek Tahap IN-2 untuk berbagi hasil implementasi di pelatihan formal. Tahap terakhir adalah berbagi di komunitas belajar/kelompok kerja di gugus/kabupaten/kota. Secara lengkap skema bimtek/pelatihan ditunjukkan pada gambar berikut ini.

Gambar 4 Skema Bimbingan Teknis dan Pelatihan Koding dan KA

Adapun struktur materi pelatihan secara umum memuat kebijakan terkait Koding dan KA, materi inti terkait konsep dan teknik koding dan literasi digital, serta materi pendukung, yaitu rencana tindak lanjut (RTL) dan evaluasi bimtek/pelatihan. Metode pelatihan akan lebih banyak dilakukan dengan praktik (70%) dan konseptual (30%). Praktik Koding dan KA dengan pemanfaatan teknologi akan mendominasi pembelajaran pada pelatihan guru khususnya untuk jenjang SMP, SMA dan SMK sementara untuk jenjang SD akan lebih banyak ke pembelajaran berfikir komputasional dan literasi digital dasar.

3. Kemitraan *Multi-Stakeholder* dalam Implementasi Koding dan Kecerdasan Artifisial

Implementasi pembelajaran Koding dan KA dalam sistem pendidikan memerlukan kolaborasi *multi-stakeholder* atau lintas pemangku kepentingan untuk memastikan efektivitas dan keberlanjutannya. Dalam hal ini, pemerintah, dunia industri, akademisi, komunitas, serta organisasi non-pemerintah (NGO) memiliki peran strategis.

a. **Pemerintah**, melalui Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (Kemendikdasmen), berperan dalam merumuskan kebijakan dan regulasi pendukung, kurikulum, peningkatan kapasitas guru, serta memastikan ketersediaan infrastruktur dan sumber daya pembelajaran yang merata. Pemerintah daerah juga berperan dalam mendukung implementasi kebijakan ini melalui pengadaan fasilitas di sekolah, penyediaan tenaga

pengajar, program peningkatan kapasitas guru serta memfasilitasi terbentuknya Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Koding dan KA.

b. **Perguruan tinggi dan lembaga riset** berperan dalam mengembangkan metode pembelajaran inovatif serta menyediakan pelatihan bagi pendidik dalam bentuk kursus daring terbuka (*Massive Open Online Course*/MOOC) dan lokakarya akademik. Selain itu, kolaborasi dengan universitas memungkinkan sekolah mengakses hasil penelitian terkini terkait pedagogi berbasis Koding dan KA.

c. **Pihak swasta** termasuk perusahaan teknologi, edukasi, dan/atau perusahaan sejenis lainnya memainkan peran penting dalam mendukung implementasi pembelajaran Koding dan KA. Kolaborasi dengan perusahaan yang memiliki pengalaman dalam pengembangan teknologi pendidikan dapat mempercepat adopsi metode pembelajaran digital yang inovatif. Selain itu, sektor swasta juga memiliki peluang untuk terlibat dalam penyelenggaraan *bootcamp* (kamp pelatihan intensif) berbasis Koding dan KA yang dapat berfungsi sebagai jembatan antara dunia edukasi dan dunia kerja, dengan memberikan keterampilan yang relevan bagi guru dan peserta didik serta membuka akses ke industri teknologi. Sejumlah perusahaan swasta teknologi global dan lokal telah mengembangkan program pendidikan digital untuk mendukung literasi Koding dan KA. Kemitraan antara pemerintah dan perusahaan teknologi diharapkan dapat mempercepat implementasi pembelajaran Koding dan KA secara inklusif dan berkelanjutan.

d. **Komunitas teknologi dan lembaga non-pemerintah (NGO)** juga memiliki kontribusi dalam memperluas akses pembelajaran Koding dan KA. Inisiatif dan komunitas teknologi lokal dapat memberikan pelatihan bagi guru dan peserta didik, terutama di daerah yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi. Komunitas juga dapat bekerja sama dengan sekolah untuk menyediakan guru pendamping dalam pembelajaran Koding dan KA. Selain itu, NGO dapat berperan dalam mengadvokasi kebijakan pendidikan digital yang inklusif dan berkelanjutan.

e. **Media** berperan dalam peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya pembelajaran Koding dan KA, membantu kampanye pendidikan, penyebaran informasi, serta mendorong adanya diskusi publik dan penggiringan opini.

Dalam mendorong dan mengoptimalkan peran kemitraan ini, Kemendikdasmen perlu membentuk tim kerja yang berperan untuk: (1) menyusun desain kemitraan yang mampu menyelaraskan kebutuhan implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA dengan kepentingan mitra; (2) membangun jejaring dan menawarkan

desain kemitraan kepada sektor swasta, lembaga teknologi, perguruan tinggi, dan lembaga mitra lain yang relevan; serta (3) membangun sistem informasi yang berisi perkembangan implementasi kebijakan dan capaian dampak kebijakan pembelajaran Koding dan KA ini.

Dengan sinergi antara berbagai pihak, pembelajaran Koding dan KA dapat diimplementasikan secara lebih efektif dan berdampak luas dalam menciptakan generasi muda yang memiliki keterampilan digital unggul dan siap menghadapi tantangan era industri 4.0 serta masyarakat 5.0.

4. Pemantauan dan Evaluasi

Secara umum proses pemantauan dan evaluasi dilakukan untuk memastikan kebijakan pembelajaran koding dapat mencapai tujuan yang diharapkan. Oleh karenanya, serangkaian proses pemantauan dan evaluasi dalam kebijakan pembelajaran ini diharapkan mampu: (1) menilai proses implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA; (2) memberikan umpan balik untuk memperbaiki kualitas implementasi kebijakan pembelajaran Koding dan KA; serta (3) menilai dampak dari kebijakan pembelajaran Koding dan KA terutama dalam menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan komputasional peserta didik, misalnya dengan melihat capaian mutu dan hasil belajar peserta didik.

Untuk mencapai tujuan tersebut, pemantauan dan evaluasi kebijakan ini melingkupi dua hal, yaitu: pemantauan dan evaluasi proses implementasi kebijakan; serta pemantauan dan evaluasi dampak kebijakan. Evaluasi proses implementasi ditujukan untuk mendapatkan informasi tentang kualitas implementasi berbagai program dukungan pemerintah dalam kebijakan pembelajaran Koding dan KA, serta penerapan pembelajaran Koding dan KA di satuan pendidikan. Kedua hal tersebut penting dilakukan untuk melihat risiko dan permasalahan selama implementasi kebijakan ini sehingga dapat dilakukan upaya mitigasi untuk perbaikan kualitas implementasi kebijakan. Dalam evaluasi proses implementasi kebijakan ini dapat dilakukan berbagai kegiatan pengumpulan data, seperti survei, wawancara, dan diskusi kelompok terpumpun yang melibatkan dinas pendidikan, kepala sekolah, guru, peserta didik, serta mitra lain yang terlibat dalam proses implementasi pembelajaran Koding dan KA.

Berikutnya, evaluasi dampak ditujukan untuk menguji apakah kebijakan pembelajaran Koding dan KA memiliki pengaruh positif pada kemampuan berpikir kritis dan komputasional peserta didik (melalui proksi hasil belajarnya) sekaligus untuk menghitung seberapa besar dampak yang berhasil ditimbulkan. Evaluasi dampak dilakukan melalui uji statistik untuk membandingkan nilai perubahan sekolah yang menerapkan kebijakan pembelajaran Koding dan KA dengan sekolah lain dengan kondisi yang relatif sama tetapi tidak menerapkan pembelajaran Koding dan KA.

Pelaksana pemantauan dan evaluasi kebijakan pembelajaran dan kecerdasan artifisial di tingkat pusat adalah Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) melalui Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan. Dalam pelaksanaan pemantauan dan evaluasi, BSKAP bekerja sama dengan unit utama lain di lingkungan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah dan pemerintah daerah.

Pelaporan hasil pemantauan dan evaluasi disampaikan pada pimpinan di lingkungan internal Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. Tindak lanjut dari pelaporan ini dilakukan oleh pelaksana kebijakan di pusat dan daerah untuk perbaikan berkelanjutan kebijakan pembelajaran Koding dan KA.

Kesimpulan dan Rekomendasi

A. Kesimpulan

Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial (KA) bukan sekadar tren, melainkan kebutuhan dalam dunia pendidikan modern. Integrasi Koding dan KA dalam pendidikan tidak hanya untuk meningkatkan literasi digital dan kemampuan penyelesaian masalah, tetapi juga mengajarkan berbagai keterampilan esensial yang mencakup berpikir komputasional, analisis data, algoritma pemrograman, etika KA, *human-centered mindset*, *design system* KA, dan teknik KA. Berpikir komputasional mengajarkan peserta didik untuk menyelesaikan masalah secara sistematis dan efisien dengan melakukan proses dekomposisi (memecah masalah besar menjadi bagian kecil), dan pengenalan pola, abstraksi, serta algoritma yang membantu peserta didik memahami dan menangani tantangan digital. Dengan ekosistem pembelajaran yang inklusif dan berkeadilan, pendidikan di Indonesia diharapkan tidak hanya mampu mencetak generasi yang berdaya saing tinggi, tetapi juga memastikan bahwa tidak ada anak yang tertinggal dalam memperoleh akses pendidikan berkualitas.

Urgensi integrasi Koding dan KA dalam pendidikan makin meningkat seiring dengan perkembangan Industri 4.0 dan 5.0, yang menuntut sumber daya manusia unggul dengan pemahaman dan keterampilan digital yang kuat. Tanpa literasi digital dan kemampuan di bidang teknologi digital yang memadai, generasi muda akan menghadapi kesulitan dalam bersaing di dunia kerja yang makin berbasis teknologi. Oleh karena itu, integrasi Koding dan KA dalam kurikulum sekolah bukan sekadar inovasi, melainkan kebutuhan fundamental dalam membangun sumber daya manusia yang unggul dan adaptif terhadap perubahan zaman. Pemerintah, sekolah, industri, dan masyarakat perlu bersinergi dalam menciptakan ekosistem pendidikan yang kondusif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan keterampilan sehingga banga Indonesia tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga produsen inovasi yang mampu bersaing di tingkat global.

B. Rekomendasi

Berdasarkan hasil kajian, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah perlu mengambil langkah-langkah strategis sebagai berikut:

1. Integrasi Koding dan KA dalam Kurikulum
   - Menetapkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan pada jenjang SD (kelas 5 dan 6), SMP (kelas 7, 8, dan 9), serta SMA/SMK (kelas 10) dengan alokasi waktu 2 jam pelajaran per minggu.
   - Untuk jenjang SMA kelas 11 dan 12, alokasi waktu dapat ditingkatkan hingga 5 jam pelajaran, sedangkan untuk SMK kelas 11 dan 12 hingga 4 jam pelajaran, menyesuaikan dengan struktur kurikulum yang berlaku.

- Memberikan fleksibilitas bagi satuan pendidikan untuk tetap mengembangkan Koding dan KA dalam bentuk ekstrakurikuler atau mengintegrasikannya ke dalam mata pelajaran lain yang relevan.

2. Penguatan Regulasi dan Capaian Pembelajaran

    - Melakukan revisi regulasi terkait struktur kurikulum guna mencantumkan Koding dan KA sebagai mata pelajaran pilihan di setiap jenjang.
    - Menyusun dan menyesuaikan capaian pembelajaran untuk mata pelajaran Koding dan KA agar selaras dengan capaian pembelajaran Informatika.

3. Pengembangan Sumber Belajar dan Pelatihan Guru

    - Mengembangkan buku teks utama dan bahan ajar untuk mata pelajaran Koding dan KA.
    - Melaksanakan pelatihan intensif bagi guru SD yang berpotensi mengampu mata pelajaran Koding dan KA.
    - Menyelenggarakan pelatihan bagi guru Informatika di SMP, SMA, dan SMK terkait pembelajaran Koding dan KA.
    - Mengoptimalkan pemanfaatan *Learning Management System* (LMS) untuk pelaksanaan pelatihan guru secara luas dan berkelanjutan.

4. Sertifikasi dan Penguatan Kompetensi Guru

    - Menyediakan program sertifikasi bagi guru Koding dan KA guna meningkatkan kompetensi dan profesionalisme.
    - Melakukan revisi regulasi terkait kesesuaian mata pelajaran dengan sertifikasi guru, dengan menambahkan Koding dan KA sebagai bidang yang diakui.

5. Kolaborasi dan Pemantauan Program

    - Membangun kemitraan *multi-stakeholder* dengan berbagai pihak dalam pengembangan pembelajaran, pelatihan guru, serta kampanye literasi Koding dan KA.
    - Melaksanakan pemantauan dan evaluasi secara berkala terhadap seluruh aspek implementasi Koding dan KA guna memastikan efektivitas dan keberlanjutan program.

Rekomendasi di atas perlu diimplementasikan oleh masing-masing unit utama di Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah sesuai dengan tugas dan fungsinya untuk memastikan keberhasilan program secara optimal.

Daftar Pustaka

Alindra, A. L., Nafira, A., Khaerunnisa, H., Ayu, P., Sari, K., Anggia, Y., & Nurhaliza, Y. (2024). Studi Kasus Pembelajaran Berbasis Koding Guna Memperkuat Kurikulum Merdeka di Era Digital. Jurnal Pendidikan Tambusai, 8(1), 3171–3183. https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.12865

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. OECD Education Working Papers, 41. OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/218525261154

Arends, Richard (2012). Learning to Teach-9th Edition, McGraw Hill, New York.

Arets, J., Jennings, C., & Heijnen, V. (2016). 70:20:10 towards 100% performance. Sutler Media, Maastricht.

Australian Curriculum. https://v9.australiancurriculum.edu.au/curriculum-information/understand-this-curriculum-connection/artificial-intelligence

Azizah, Y. (2015). Socio-Economic Factors on Indonesia Education Disparity. International Education Studies, 8(12), 218-229. http://dx.doi.org/10.5539/ies.v8n12p218

Bachtiar, P. P., Diningrat, R. A., Kusuma, A. Z. D., Izzati, R. A., & Diandra, A. (2020). Ekonomi Digital untuk Siapa? Menuju Ekonomi Digital yang Inklusif di Indonesia. Laporan Penelitian SMERU Research Institute.

Badan Pusat Statistik. (2024). Indeks Pembangunan Teknologi Informasi dan Komunikasi 2023. Direktorat Statistik Keuangan, Teknologi Informasi, dan Pariwisata, BPS.

Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP). (2024). Kajian Akademik Kurikulum Merdeka. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, BSKAP, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Baker, T., & Smith, L. (2019). Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. website: https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf

Beatty, A., Berkhout, E., Bima, L., Pradhan, M., & Suryadarma, D. (2021). Schooling Progress, Learning Reversal: Indonesia’s Learning Profiles Between 2000 and 2014. International Journal of Educational Development, 85, 102436.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102436

Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. (2009). Computer Science Unplugged: School Students Doing Real Computing Without Computers. The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology, 13(1), 20–29.

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining Twenty-first Century Skills. in P. Griffin, B. McGaw, P., E. Care (Eds.), Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2

Bjork, C. (2013). Trends in Education in Indonesia. Dalam D. Suryadarma & G. W. Jones (Eds.), Education in Indonesia (pp. 53–67). chapter, ISEAS–Yusof Ishak Institute.

Brown, M. (2018). Mind the Gap: A Critical Guide to Digital Literacies. Dalam Ubachs, G., Konings, L. (Eds.) The Envisioning Report for Empowering Universities. (pp. 52-54). Maastricht, NL: EADTU. Retrieved from https://tinyurl.com/envisioning-report

Budiarto, H., Pahlevi, S. M., Susenna, A., Kusumasari, D., Agustina, L., Andriariza, Y., Hernikawati, D., & Rahmi, A. A. (2024). Indeks Masyarakat Digital Indonesia. Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia.

Burhani, A. N. (2021). Keadaban Digital Masyarakat Kita. Sumber: https://www.kompas.id/baca/opini/2021/03/27/keadaban-digital-masyarakat-kita

Cabinet Office, Government of Japan. Society 5.0. Sumber: https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html

Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B., & Barro, S. (2023). AI Literacy in K-12: A Systematic Literature Review, International Journal of STEM Education, 10(1): 29.

Castells, M. (1996). The Rise of the Network Society. The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I. Malden, MA; Oxford, UK: Blackwell.

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., dkk. (2022) The Promises and Challenges of Artificial Intelligence for Teachers: a Systematic Review of Research. TechTrends, 66, 616–630. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y

Chinese Ministry of Education. (2023). The Role of AI in Transforming China’s Educational System.

Chiu, T. K. F. (2021). A Holistic Approach to the Design of Artificial Intelligence (AI) Education for K-12 Schools. TechTrends, 65, 796–807. https://doi.org/10.1007/s11528-021-00637-1

Chou, Y. (2015). Actionable Gamification: Beyond Points, Badges,

and Leaderboards. Createspace Independent Publishing Platform

Cole, J. M., & Hilliard, V. R. (2006). The Effects of Web-Based Reading Curriculum on Children's Reading Performance and Motivation. Journal of Educational Computing Research, 34(4), 353-380. https://doi.org/10.2190/H43W-1N3U-027J-07V5

Damodaran, A., & Kanwar, S. (2025). AI in School Education: Towards a Preparedness Framework. Policy Brief. https://icrier.org/publications/ai-in-school-education-towards-a-preparedness-framework/

Dewantara, K. H. (2009). Menuju Manusia Merdeka. Yogyakarta: Leutika.

Dewey, J. (1916). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education.* New York: Macmillan.

Eguchi, A., Okada, H. & Muto, Y. Contextualizing AI Education for K-12 Students to Enhance Their Learning of AI Literacy Through Culturally Responsive Approaches. Künstl Intell, 35, 153–161 (2021). https://doi.org/10.1007/s13218-021-00737-3

Elkin, M., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Programming with the KIBO Robotics Kit in Preschool Classrooms. Computers in the Schools, 33(3), 169–186. https://doi.org/10.1080/07380569.2016.1216251

Finaka, A. W., Nurhanisah, Y., & Syaifullah, A. (2025). Indeks Digital Masyarakat Indonesia (IMDI) MAKIN TINGGI. Indonesiabaik.Id. https://indonesiabaik.id/infografis/indeks-digital-masyarakat-indonesia-imdi-makin-tinggi

Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society. Japan SPOTLIGHT, August, 47–50. http://www8.cao.go.jp/cstp/

Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018) *Deep Learning: Engage the World Change the World*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Gagné, R. M., & Briggs, L. J. (1979). Principles of Instructional Design. 2nd Edition, Holt. Rinehart, and Winston, New York.

Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: A Theory of Multiple Intelligences.* New York: Basic Books.

Gaudioso, E., Montero, M., & Hernandez-Del-Olmo, F. (2012). Supporting Teachers in Adaptive Educational Systems through Predictive Models: A Proof of Concept. Expert Systems with Applications, 39(1), 621–625. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.052

GitHub, Keystone.AI, & Marco Iansiti. (2024). State of Octoverse 2024: AI and Developer Productivity.

Gong, X., Tang, Y., Liu, X., Jing, S., Cui, W., Liang, J., & Wang, F. Y. (2020). K-9 artificial intelligence education in Qingdao: Issues, challenges, and

suggestions. In Proceedings of 2020 IEEE international conference on networking, sensing, and control (ICNSC) (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICNSC48988.2020.9238087.

Goodman, B., & Stivers, J. (2010). *Project Based Learning.* Ph.D. ESPY 505. Educational Psychology.

Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come. In S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School (p. 20-38). Bloomsbury Publishing.

Hamalik, Oemar. (2002). Perencanaan Pengajaran Berdasarkan Pendekatan Sistem. Bumi Aksara, Jakarta.

Harrison, C., Lunzer, E. A., Tymms, P., Fitz-Gibbon, C. T., & Restorick, J. (2004). Use of ICT and its Relationship with Performance in Examinations: a Comparison of the ImpaCT2 Project's Research Findings using Pupil-level, School-level and Multilevel Modelling Data. Journal of Computer Assisted Learning, 20, 319-337. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2004.00099.x

Harvard Business School. (2024). The Economic Impact of AI and Digital Skills in Emerging Markets.

Heintz, F. (2021). Three Interviews About K-12 AI Education in America, Europe, and Singapore. Künstl Intell, 35, 233–237. https://doi.org/10.1007/s13218-021-00730-w

Huang, X. (2021). Aims for cultivating students’ key competencies based on artificial intelligence education in China. Education and Information Technologies. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10530-2

Indian Ministry of Education. (2022). National AI Strategy and Its Implementation in Education.

Indonesia.go.id. Lima Prioritas Pemerintah untuk Pengembangan AI. 14 Januari 2025. Sumber: https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8897/lima-prioritas-pemerintah-untuk-pengembangan-ai?lang=1

Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). Models of teaching (8th ed.). Pearson Education, New Jersey.

Kahila, J., Vartiainen, H., Tedre, M., Arkko, E., Lin, A., Pope, N., Jormanainen, I., & Valtonen, T. (2024). Pedagogical framework for cultivating children's data agency and creative abilities in the age of AI. Informatics in Education, 23(2), 323-360. https://doi.org/10.15388/infedu.2024.15

Kamalov, F., Calong, D. S., & Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. Sustainability, 15(16), 12451. https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.18303

Kanuka, H., & Kelland, J. (1969). Has E-learning delivered on its promises? expert opinion on the impact of e-learning in higher education. Canadian Journal of Higher Education, 38(1), 45–65. https://doi.org/10.47678/cjhe.v38i1.516

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Business Horizons, 62(1), 15–25. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004

Kartiasih, F., Djalal Nachrowi, N., Wisana, I. D. G. K., & Handayani, D. (2022). Inequalities of Indonesia's regional digital development and its association with socioeconomic characteristics: a spatial and multivariate analysis. Information Technology for Development, 29(2–3), 299–328. https://doi.org/10.1080/02681102.2022.2110556

Katadata Insight Center & Kominfo. (2020). Status Literasi Digital Indonesia 2020: Hasil Survei di 34 Provinsi. Katadata Insight Center & Kominfo.

Katadata Insight Center & Kominfo. (2021). Status Literasi Digital Indonesia 2020: Hasil Survei di 34 Provinsi. Katadata Insight Center & Kominfo.

Katadata Insight Center & Kominfo. (2022). Status Literasi Digital Indonesia 2020: Hasil Survei di 34 Provinsi. Katadata Insight Center & Kominfo.

Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 032/H/KR/2024 tentang Capaian Pembelajaran pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2022). Survei Indeks Literasi Digital Indonesia.

Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2022). Indeks Masyarakat Digital Indonesia Tahun 2022. Badan Pengembangan SDM, Kominfo bekerja sama dengan Elex Media Komputindo.

Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2023). Indeks Masyarakat Digital Indonesia Tahun 2023. Badan Pengembangan SDM, Kementerian Komunikasi dan Informatika.

Kementerian Komunikasi dan Digital. (2024). Indeks Masyarakat Digital Indonesia Tahun 2024. Badan Pengembangan SDM, Kementerian Komunikasi dan Digital.

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. (2024). Laporan Hasil DKT Pembelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial. Kemendikdasmen.

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2023). Program Prioritas Kemendikdasmen.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2007). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru.

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2022). Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 5 Tahun 2022 tentang Standar Kompetensi Lulusan pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2024). Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.

Kim, K., & Kwon, K. (2023). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea. Computers and Education: Artificial Intelligence, 4. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100137

Kim, S., Jang, Y., Kim, W., Choi, S., Jung, H., Kim, S., & Kim, H. (2021). Why and What to Teach: AI Curriculum for Elementary School. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35(17), 15569-15576. https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17833

Korea Education and Research Information Service (KERIS). (2023). AI and Coding Education in South Korea: Lessons for the Future.

Kneller, G. F. (2071). *Introduction to The Philosophy of Education.* New York : Macmillan

Korhonen, A., MA., & Mattila, P. Counsellor of Education, Finnish National Agency for Education. https://www.oph.fi/en/education-and-qualifications/transversal-competence-sustainable-development

Kurniawan, H., de Groot, H. L. F., & Mulder, P. (2019). Are poor provinces catching-up the rich provinces in Indonesia? Regional Science Policy & Practice, 11(1), 89-109. https://doi.org/10.1111/rsp3.12160

Lee, D., Hwang, J. Y., Lee, Y., & Kim, S. W. (2022). Informatics and Artificial Intelligence (AI) Education in Korea: Situation Analysis Using the Darmstadt Model. International Journal on Informatics, 6(2). https://dx.doi.org/10.30630/joiv.6.2.1000

Lee, J., Jeong, H. (2023). Keyword Analysis of Artificial Intellegence Education Policy in South Korea. IEEE Access, 11. DOI:10.1109/ACCESS.2023.3317261

Livingstone, S. (2011). Critical reflections on the benefits of ICT in education. Oxford Review of

Education, 38(1), 9–24. https://doi.org/10.1080/03054985.2011.577938

Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? Computers in Human Behavior, 41, 51–61. https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012

Mannila, L. (2023). Integrating Programming in Other Subjects at Primary Level: Tool, Glue or Ideation. In: Keane, T., Fluck, A.E. (eds) Teaching Coding in K-12 Schools. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21970-2_9

Marliani, N., Siagian, R. E. F., Miftahudin, M. (2017). Penggunaan Audio Visual Youtube "Arabic Podcast" Pada Pembelajaran Maharah Kalam di SMA Muhammadiyah 4 Depok. Al-Irsyad, 105(2), 79. https://core.ac.uk/download/pdf/322599509.pdf

McConnell, S. (2004). Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction. 2nd Edition. Microsoft Press.

McKinsey & Company. (2023). AI and the Workforce: Opportunities and Challenges in Emerging Markets.

Micheuz, P. (2020). Approaches to Artificial Intelligence as a Subject in School Education. In: Brinda, T., Passey, D., Keane, T. (eds) Empowering Teaching for Digital Equity and Agency. OCCE 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 595. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59847-1_1

Mills, K. A., Cope, J., Scholes, L., & Rowe, L. (2024). Coding and Computational Thinking Across the Curriculum: A Review of Educational Outcomes. Review of Educational Research, 0(0). https://doi.org/10.3102/00346543241241327

Ministry of Education, Singapore. (2023). Coding & AI Curriculum in Primary and Secondary Schools: A Case Study.

Moore, G. E. (2006). Cramming more components onto integrated circuits, reprinted from Electronics, volume 38, number 8, April 19, 1965, pp.114 ff. IEEE Solid-State Circuits Society Newsletter, 11(3), 33–35. https://doi.org/10.1109/n-ssc.2006.4785860

Mundial, Grupo Banco, Unicef, dkk. (2016). Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action: Towards Inclusive and Equitable Quality Education and Lifelong Learning for All.

Nisheva-Pavlova, M. M. (2021). AI Courses for Secondary and High School-Comparative Analysis and Conclusions. In ERIS, 9–16.

OECD. (2006). Are Students Ready for a Technology-Rich World?: What PISA

Studies Tell Us? OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/9789264036093-en

OECD. (2023). Transforming Education in Indonesia: Examining the landscape of current reforms. In OECD Education Policy Perspectives (Vol. 88, Issue Level 2). https://www.oecd.org/pisa/data/2022database

Oliva, P. F., Gordon, W. R. (2012). *Developing the Curriculum.* Pearson Education.

Ornstein, A. C., & Hunkins, F. P. (2018). *Curriculum Foundations, Principles, and Issues* (4th ed.). Allyn & Bacon.

Oxford Insight. (2024). Government AI Readiness Index 2024. https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/

Palmér, H. (2023). Children (Aged 3–5 Years) Learning Mathematics Through Programming, Thinking and Doing, or Just Doing?. In: Keane, T., Fluck, A.E. (eds) Teaching Coding in K-12 Schools. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21970-2_2

Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: A case study. International Journal of Mobile Learning and Organisation, 10(3), 187–202. https://doi.org/10.1504/IJMLO.2016.077867

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books.

Pascoe, F., Sukoco, G.A., Arsendy, S., Octavia, L., Purba, R., Sprunt, B., Bryant., C. (2022). Kesenjangan yang Semakin Melebar: Dampak Pandemi COVID-19 pada Siswa dari Kelompok paling Rentan di Indonesia. Jakarta: INOVASI

Passey, D., & Higgins, S. (2011). Learning platforms and learning outcomes – insights from research. Learning, Media and Technology, 36(4), 329–333. https://doi.org/10.1080/17439884.2011.626783

Pew Research Center. (2018). *Stories From Experts About the Impact of Digital Life*. Pew Research Center.

Poole, D. L., & Mackworth, A. K. (2010). Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents. Cambridge University Press. doi: https://doi.org/10.1017/CBO9780511794797. ISBN 9780511794797.

Pratiwi, I., & Utama, B. (2024). Beyond the Classroom: Autonomous Learning Challenges in Emancipated Curriculum. Article at International Conference on Assessment and Learning 2024.

Pritchett, L. & Beatty, A. (2012). The Negative Consequences of Overambitious Curricula in Developing Countries (HKS Working Paper No. RWP12-035). https://ssrn.com/abstract=2235869

atau http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2235869

Pritchett, L., & Beatty, A. (2015). Slow down, you're going too fast: Matching curricula to student skill levels. International Journal of Educational Development, 40, 276–288. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2014.11.013

Pemerintah Indonesia. (1945). Undang-Undang Dasar 1945

Pemerintah Indonesia. (2003). Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

Pemerintah Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah No. 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan.

Pemerintah Indonesia. (2024). Undang-Undang No. 59 Tahun 2024 tentang RPJPN Tahun 2025-2045

Pusat Standar dan Kebijakan Pendidikan. (2024). Laporan Evaluasi Implementasi Kurikulum Merdeka 2024.

Ramadhan, D. R. P., Rosyada, A. Q., Marliza, W., Kasatri, D. E. P., & Yuliana, I. (2020). Pengaruh Ekstrakulikuler Coding pada Siswa Sekolah Dasar Guna Meningkatkan Computational Thingking di Sekolah Al-Azhar Syifa Budi Solo. Buletin Literasi Budaya Sekolah, 2(1), Article 1. https://doi.org/10.23917/blbs.v2i1.11616

Reichardt, R. (2006). Moore's Law and the Pace of Change. Internet Reference Services Quarterly, 11(3), 117–124. https://doi.org/10.1300/J136v11n03_09

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. Communications of the ACM, 52(11), 60–67. https://doi.org/10.1145/1592761.1592779

Richards, G., Lin, A., Eap, T. & Sehboub, Z. (2008) Where Do They Go? Internet Search Strategies in Grade Five Laptop Classrooms. In Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2008 (pp. 4382-4387). Chesapeake, VA: AACE.

Riyanti, A., Sagena, U. ., Lestari, N. C. ., Pramono, S. A. ., & Haddar, G. A. (2023). Internet-based learning in improving student digital literacy. *Cendikia : Media Jurnal Ilmiah Pendidikan, 13*(4), 585-594. https://doi.org/10.35335/cendikia.v13i4.3598

Rizki, F., dkk. (2021). Tren Literasi Digital di Indonesia: Perkembangan dan Tantangan.

Rizvi, S., Waite, J., & Sentance, S. (2023). Artificial Intelligence Teaching and Learning in K-12 from 2019 to 2022: A Systematic Literature Review. Computers and Education: Artificial

Intelligence, 4, 100145. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100145

Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. Cendikia : Media Jurnal Ilmiah Pendidikan, 13 (4) (2023) pp. 585-594 International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(2), 582–599. https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3

Russel, S., & Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence - A Modern Approach. Pearson Education.

Schindler, L. A., Burkholder, G. J., Morad, O. A. et al. (2017). Computer-based technology and student engagement: a critical review of the literature. International Journal of Educational Technology in High Education, 14, 25. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0063-0

Schwab, K. (2016) The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.

Sharma, P. (2024). AI in India: Trends, Opportunities, and Challenges in 2025. https://www.analyticsinsight.net/artificial-intelligence/ai-in-india-trends-opportunities-and-challenges-in-2025

Siemens, G. (2004) Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning, 2.*

Sihombing, P. R. (2019). Does The Gap Between East and West Still Exist? A Study of Indonesia's Disparities. Udayana Journal of Social Sciences and Humanities, 3(1), 1-8. https://doi.org/10.24843/UJoSSH.2019.v03.i01.p01

Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence. (2024). 2023 Global AI Vibrancy Tools. https://aiindex.stanford.edu/vibrancy/

Su, J., Zhong, Y., & Ng, D. T. K. (2022). A meta-review of literature on educational approaches for teaching AI at the K-12 levels in the Asia-Pacific region. Computers and Education: Artificial Intelligence, 3, 100065. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100065

Suharti. (2013). Trends in Education in Indonesia. Dalam Suryadarma, D., & Jones, G. W. (Eds.), Education in Indonesia (pp. 15–52). chapter, ISEAS–Yusof Ishak Institute.

Swiecki, Z., Ruis, A. R., Gautam, D., Rus, V., & Williamson Shafer, D. (2019). Understanding when students are active-in-thinking through modeling-in-context. British Journal of Educational Technology, 50(5), 2346–2364. https://doi.org/10.1111/bjet.12869

Tang, K.-S., Murcia, K., Brown, J., Cross, E., Mennell, S., Seitz, J., Phillips, S. R. P., & Sabatino, D. (2024). Exploring the multimodal affordances of digital coding devices in fostering creative thinking in early childhood

education. Thinking Skills and Creativity, 53, 101602. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101602

Thakur, G. K. (2014). ICT and Digital Divide in Indian School System. International. Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS), 2(2), 34-38.

Tortoise. (2024). The Global AI Index. Sumber: https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai#pillars

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Breazeal, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). A Year in K-12 AI Education. AI Magazine, 40(4), 88-90. https://doi.org/10.1609/aimag.v40i4.5289

UNESCO. (2015). Qingdao Declaration: Seize digital opportunities, lead education transformation. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233352

UNESCO. (2018). UNESCO ICT Competency Framework for Teachers. UNESCO, Paris.

UNESCO. (2019). Beijing Consensus on artificial intelligence and education. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303

UNESCO. (2022). Global Education Monitoring Report: Digital Learning and AI Integration in Schools.

UNESCO. (2022). K-12 AI Curricula: A Mapping of Government-Endorsed AI Curricula. UNESCO, Paris. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602

UNESCO. (2023). The Global Monitoring Report, Technology in Education: A Case Study on Singapore. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387744

UNESCO. (2023a). Technology in Education: A Case Study on Indonesia. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387827

UNESCO. (2023b). The Global Monitoring Report, Technology in Education: A Case Study on Singapore. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387744

UNESCO. (2024a). AI Competency Framework for Students. UNESCO, Paris.

UNESCO. (2024b). AI Competency Framework for Teachers. UNESCO, Paris.

UNESCO. (2024c). Japan Pushing ahead with Society 5.0 to Overcome Chronic Social Challenges. Sumber: https://www.unesco.org/en/articles/japan-pushing-ahead-society-50-overcome-chronic-social-challenges

UNICEF. (2020). Menguatkan Pembelajaran DIgital di Seluruh Indonesia: Rangkuman Penelitian. https://www.unicef.org/indonesia/media/10536/file/Menguatkan%20Pembelajaran%20Digital%20di%20Seluruh%20Indonesia.pdf

Vartiainen, H., Kahila, J., Tedre, M., López-Pernas, S., & Pope, N. (2024). Enhancing children's understanding of algorithmic biases in and with text-to-image generative AI. New Media & Society, 0(0). https://doi.org/10.1177/14614448241252820

Wang, Y. (2022). Artificial Intelligence education for young children: Why, what, and how in curriculum design and implementation. Computers and Education: Artificial Intelligence

Warschauer, M. (2003). Technology and Social Inclusion: Rethinking the Digital Divide. MIT Press.

Warschauer, M., & Matuchniak, T. (2010). New Technology and Digital Worlds: Analyzing Evidence of Equity in Access, Use, and Outcomes. Review of Research in Education, 34(1), 179-225. https://doi.org/10.3102/0091732X09349791

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

World Bank (2021). Bukan Sekedar Unicorn: Pemanfaatan Teknologi Digital untuk Inklusi di Indonesia. The World Bank.

World Bank. (2023). The Vital Role of Digital Skills in Building an Inclusive, Smart, Safe, and Sustainable Digital Economy. World Bank Group: Skills Global Solutions Group

World Economic Forum. (2020). Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution. https://www.weforum.org/publications/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution/

World Economic Forum. (2023). Future of Jobs Report 2023. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf

World Economic Forum. (2025). The Future of Jobs Report 2025. Insight Report, January 2025.

World Government Summit & McKinsey. (2023). The Skills Revolution and the Future of Learning and Earning. World Government Summit 2023 bekerja sama dengan McKinsey & Company.

Yang, W. (2022). Artificial Intelligence education for young children: Why, what, and how in curriculum design and implementation. *Computers and Education Artificial Intelligence, 3,* 100061. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100061